

ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ ПРОФ. Н. РЫНИНА

ТЕПЛОТА, СВЕТ, ДВИГАТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ В ТЕХНИКЕ

СОСТАВИЛ
Н. Ю. БРОНШТЕЙН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1 9 2 6

ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ

Проф. Н. РЫНИНА

I

ТЕПЛОТА, СВЕТ, ДВИГАТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ,

ИХ ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ
В ТЕХНИКЕ

Составил Н. Ю. БРОНШТЕЙН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1926 ЛЕНИНГРАД

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

1208 1/68

Н
7863
w1



ПРЕДИСЛОВИЕ.

Узкий Панамский перешеек в течение тысячелетий разделял воды двух океанов — Атлантического и Тихого. Четыреста лет люди мечтали о том, как бы соединить оба океана, но это были только мечты, ибо не было материальных, технических предпосылок для претворения этой мечты в действительность. Но вот настал XX век, век колоссальных технических достижений и дерзаний, и 10-го октября 1913 г. в Вашингтоне, отстоящем от Панамского канала на 4000 километров, была нажата электрическая кнопка, и от этого простого нажатия кнопки взорвалась последняя стена, разделявшая два океана... Американцы могут теперь легко перебрасывать свой флот из одного океана в другой, морское сообщение с западным берегом Америки значительно облегчилось и ускорилося. Прорытие Панамского канала поистине должно быть признано величайшим техническим предприятием, какое когда-либо было выполнено человеком.

Читатель не посетует на нас за то, что мы несколько задержим его внимание на этом примере технической мощи человека, тем более, что попутно мы постараемся выяснить разницу между современной техникой и техникой всех предшествовавших исторических эпох. Технические трудности при прорытии этого канала были огромны: Панамский перешеек отличается частыми землетрясениями, — во время самой постройки канала отмечено было 90 подземных толчков; ужасающий климат, влажная жара, доходящая до 45° Цельсия, тропическая малярия, желтая лихорадка и воспаление легких превращали эту местность в „могилу белых“, — смертность достигала в год 60 на 1000; помимо преодоления всех этих неблагоприятных климатических и природных условий, пришлось еще вырыть больше 200 миллионов кубических метров скалистых гор, наладить снабжение 65 000 человек из центров, отстоящих на 3000 км, построить для всей этой массы людей дома, пекарни, амбары, холодильники, школы, наладить водоснабжение всего района и проч. и проч.

С чего начали американцы? Первым делом они взялись за оздоровление всего района работ, за осушку болот и уничтожение комаров, этих распространителей малярии. На протяжении 100 км

были вырыты каналы для осушки почвы, пришлось вырубить громадные участки леса в этих девственных лесных чащах; стоячие болота правильно поливались керосином, убивающим личинки жалящих насекомых, и для этого ежегодно употребляли 900 000 л нефти. Широко проведена была так называемая хинизация населения: в первые месяцы населению раздавалось по 450 фунтов хинина в месяц. В населенных пунктах проведены были хорошие дороги, устроены водопроводы, канализация, организованы вывоз и сжигание мусора; кроме того, построена была больница на 1600 коек, создан ряд лазаретов, санитарных школ, спортивных учреждений, при чем потребление алкоголя было ограничено. Игнорирование этих санитарных мероприятий было одной из причин знаменитой „панамы“ 1888-го года, обошедшейся французам в сумму свыше 1½ миллиарда франков. Американцам же удалось благополучно закончить прорытие Панамского канала именно потому, что они разумно сочетали науку и технику, что они удачно подвели под хозяйство научно-технический фундамент. Таким образом, мы видим, что „организованное соединение научной техники и хозяйства для достижения заранее поставленной цели“ и составляет главнейший признак современных больших технических сооружений. Укажем еще один столь же существенный признак. Древние египтяне, имевшие в своем распоряжении лишь самые простые вспомогательные средства (рычаг, клин, вал, деревянные салазки и наклонную плоскость) также умели воздвигать грандиозные сооружения: пирамиды, обелиски и проч.; есть основание думать, что уже задолго до нашей эры ими был построен канал, являвшийся предшественником теперешнего Суэцкого канала. Китайцы также строили огромные сооружения для борьбы с разливами реки Гоанго, а позже ими был вырыт канал длиною почти в 1000 км, тянущийся от середины Ян-цзы-цзяна до Пекина (канал этот существует и поныне). Геродот рассказывает, что вся Месопотамия изрезана каналами, из которых по самому большому могут даже проходить большие корабли (речь идет о канале, соединявшем Тигр с Евфратом). Словом, и в древности мы находим грандиозные технические сооружения, и нам, казалось бы, нечем так кичиться перед нашими отдаленными предками. Но посмотрим, какой ценой и какими средствами воздвигались такие сооружения в древности. От того же Геродота мы узнаем, что в постройке пирамиды Хеопса принимали участие 100 000 насильственно согнанных в одно место рабов. Грубая сила сгоняла массы людей, и только простое сложение мускульных напряжений этих живых масс людей, только простая мускульная сила этих рабов и создала пирамиды и все то, что осталось от давно минувших веков. Из всех пор этих древних сооружений сочтется пот и кровь людей, надрывавшихся от непосильного труда и ведущих ужасную жизнь, людей, из которых по прихоти владык выжимались все соки. Люди не умели еще увеличивать естественную физиологическую силу

своих мышц применением каких-либо двигателей, каких-либо машин. Таким двигателем был сам человек, и только благодаря возможности соединения десятков и сотен тысяч этих дешевых живых двигателей, безжалостно, к тому же, эксплуатировавшихся, фараоны и смогли увековечить грандиозными памятниками свое мрачное и жестокое царствование. Все сказанное о пирамидах может быть применено ко всем „грандиозным“ сооружениям наших предков. В отличие от этого современная техника характеризуется все возрастающим применением машин, заменяющих труд человека, силу животных и ручную работу. Обратимся к постройке Панамского канала, который ярко иллюстрирует разницу между древними и современными техническими сооружениями. Когда за дело соединения двух океанов взялись американцы, то они к месту будущего Панамского канала доставили 100 землечерпалок, 500 буровых машин, свыше 150 локомотивов, 60 мощных кранов, большое число грузовиков, баркасов и проч.

Живые рабы были вытеснены „стальными“ рабами, при чем все возрастающее применение машин освободило технику от ограниченных сил человека, тем самым обусловив ее победное шествие во всех областях. И это победное шествие машин, это безостановочное развитие техники в XIX и особенно в XX веке приняло характер какого-то бешеного бега к неведомым целям, открывая человеку все новые и новые горизонты и суля в будущем проникновение в тайны природы, овладение ее силами и полное господство над этими силами. Отличием современной техники от техники, господствовавшей в предыдущие исторические эпохи, является то, что в основе современной техники лежит глубокая и теснейшая связь с наукой, с успехами и ростом физики, химии и вообще естественных наук. Влияние научных открытий и исследований на развитие техники колоссально: трудно даже мыслить современную технику и вообще какую бы то ни было технику, не считающуюся с законами механики, физики; далее, могла ли бы развиваться такая крупная отрасль техники, как практическое применение электричества, электротехника, если бы пути к такому блестящему развитию не были проложены Фарадеем, Омом и другими учеными. Что стало бы со всей так называемой тепловой техникой, если бы люди науки не открыли предварительно ряд научных положений и законов, управляющих процессами горения, испарения, переходом тепла в двигательную энергию и т.д. И в этом смысле понятие науки и техники стали столь неразлучны, неразделимы, что мы теперь с полным правом можем говорить о научной технике и технической науке.

Ученые, независимо от того, руководились ли они одной любовью к истине, познанию, или же материальными интересами, делали научные открытия, находившие себе практическое применение в технике. Развитие техники, однако, совершалось не столько благодаря открытиям гениальных практиков, сколько благодаря росту

и успехам научного опыта и мысли, успехам, вызывавшимся интересами господствующих классов и групп в тот или иной исторический момент. Планомерное развитие техники, правильное и прочное техническое развитие может быть достигнуто лишь на почве строго научных исследований и открытий, применяющих своиственные всем естественным наукам методы. Это обуславливало появление таких великих вождей, научной мысли, как Ньютон, Дарвин, Фарадей, Лавуазье, Пастер, Ом, Джоуль, Майер, Менделеев, Максвелл и друг. Без того движения вперед, которое сообщали эти вожди мысли науке, организованному человеческому знанию, был бы немислим прогресс техники, прогресс жизни. Между наукой и техникой, таким образом, существует глубокая связь, хотя обе они подчиняются хозяйственным интересам общества или—поскольку речь идет о классовом обществе—интересам господствующего класса.

Прежняя докапиталистическая техника являлась искусством, в основе которого лежал передававшийся от поколения к поколению личный опыт или опыт небольших групп, державших этот опыт втайне от всего мира. Новейшая техника заменила искусство точной наукой; значительное развитие техники в XIX веке связано с применением законов механики, изучением свойств газов, законом сохранения энергии и первыми открытиями в химии. Каждый шаг вперед, каждое открытие в области естественных наук в то же время является толчком для развития промышленности, для новых технических завоеваний.

Наука и ее выводы, находящие себе применение в промышленности, влияют на самый процесс производства и на методы овладения силами природы. Современное техническое развитие характеризуется, как мы уже сказали, применением машин, и недаром наш век называют „веком машин“. Вся материальная культура, да и культурная жизнь людей в настоящее время определяется машинами, машинным производством, а потому нужно немного ближе присмотреться к машинам, посмотреть, что вызвало их появление, какое влияние оказали машины на жизнь, какие общие тенденции заложены в машинном способе производства. В этой „Истории техники“ читатель будет часто встречаться с машинами, и притом с самыми разнообразными и из самых разнообразных областей.

Здесь же, в этом введении ко всей серии очерков, хотелось бы подчеркнуть и наметить то общее, что присуще всем машинам, подчеркнуть общие тенденции машинной техники, вкратце коснувшись также тех глубоких изменений жизни, которые вызваны были машиной. До XVI века производство носило чисто ремесленный характер, затем этот ремесленный период уступил место мануфактуре, характеризующейся тем, что в одной мастерской работают представители разных ремесл, при чем наблюдается широко развитое разделение труда в этом едином по плану, но по

существо все еще ремесленном процессе производства. В этот мануфактурный период специализируются и совершенствуются рабочие инструменты, благодаря чему готовятся технические условия для возможности возникновения машины. Первоначально машины работают теми же инструментами, которыми работал ремесленник и мануфактурный рабочий, но эти инструменты из орудий рабочего становятся частью механизма. Если раньше процесс мануфактурного производства должен был приспособляться к ограниченным силам человека, то теперь, при замене рабочего машиной, можно было путем объединения однородных и друг друга дополняющих машин значительно усовершенствовать производственный процесс, подчинив его законам механики и естественных наук. Машинное производство, выросшее на основе мануфактуры с ее далеко проведенным разделением труда, в известный период развития разрывает свою мануфактурную оболочку и, совершив промышленную революцию XVIII века, выходит на простор безграничного развития производительных сил. Технический переворот в одной отрасли промышленности неизбежно вызывает переворот и в смежных с данной отраслях промышленности. Так, машинное прядение вызывает необходимость машинного ткачества, а оба они вместе обуславливают переворот в технике белильного, ситценабивного, хлопкоочистительного производства. Проникновение машин в крупнейшие отрасли промышленности с неизбежной необходимостью вызывает переворот и в технике транспорта, долженствующего теперь обслуживать неимоверно возросшие производительные силы. Триумфом машины является, наконец, момент, когда она овладевает производством самих машин. Появляется машинное машиностроение, и с этого момента изготовление орудий производства, стремительно расширяясь, дает новый мощный толчок развитию производительных сил. В каждой машине условно различают три отдельные части: двигатель, передаточный аппарат и исполнительный механизм (инструмент). Рассмотрим вкратце эволюцию этих отдельных частей. В этом первом выпуске „Истории техники“ читатель найдет много данных, характеризующих двигатель и его эволюцию. Пока в распоряжении человека были лишь мускульные двигатели (люди и животные), не могло быть и речи о сколько-нибудь значительном развитии производительных сил, ибо промышленность была скована чрезвычайно ограниченными источниками энергии. Пряда, на ряду с этими мускульными двигателями промышленность и техника располагают и примитивными ветряными и водяными двигателями, но именно в виду примитивности, а также связанности с определенными благоприятными естественными условиями, область их применения была довольно узкой, и на этой базе развитие техники не могло быть ни быстрым ни глубоким. Энергия движущейся воды рационально и широко утилизируется лишь в настоящее время, когда уже пройден целый ряд стадий промышленного развития, когда человек обогатился колоссальным

опытом, усвоенным в эпоху пара и электричества, и перешел к эксплуатации так называемого „белого угля“.

Но вот в конце XVIII века появляется паровой двигатель, под знаком которого стоит весь XIX век. Этот паровой двигатель, появление которого было вызвано насущными потребностями развивающейся промышленности, в свою очередь дал мощный толчок развитию производительных сил, освободив производственный процесс от зависимости от ограниченных сил работника.

Уже к началу XIX века паровая машина заключала в себе все главные части современных паровых машин. Она развивалась в направлении частичных усовершенствований: повышения давления пара, относительного уменьшения веса, абсолютного увеличения мощности и все увеличивавшейся экономии топлива. Так, в конце XIX века коэффициент полезного действия паровой машины был в 13 раз больше, чем в эпоху Уатта. Так как паровая машина оказывается более экономичной и выгодной не в мелкой промышленности, а в крупной, то техническое развитие XIX века, этого века пара, шло в направлении концентрации производства и все большего и большего вытеснения мелкой промышленности. В XIX веке в промышленности безраздельно царила паровая машина, в конструкцию коей, в сущности, не было внесено никаких крупных принципиальных изменений, и только в конце XIX века появляются принципиально новые паровые двигатели — паровые турбины, начинающие постепенно вытеснять паровую машину.

Паровые турбины явились тем средством, с помощью которого паровая техника пытается удержать завоеванные ею позиции в борьбе с двигателями внутреннего сгорания. Этот новый конкурент паровой машине появился во второй половине XIX века, в виде газового двигателя Ленуара (1860 г.) и четырехтактного двигателя Отто. Сначала двигатели внутреннего сгорания не столько конкурировали с паровой машиной, сколько дополняли ее, и крупная промышленность еще еще продолжала оставаться основной областью применения паровой машины. Но вот появляется двигатель Дизеля с коэффициентом полезного действия до 35%, и борьба между паровой машиной и двигателем внутреннего сгорания заканчивается победой двигателей Дизеля как в области морского транспорта, так и в целом ряде других крупных отраслей промышленности. Век паровой машины близится к концу, на смену ей идут, с одной стороны, двигатели внутреннего сгорания, с другой — энергия XX века, электричество.

От двигателя переходим к передаточному механизму всякой машины. Передаточный механизм, регулирующий движение и часто изменяющий форму движения (напр., поступательное на вращательное), передает это движение исполнительному механизму. Эволюция передаточного механизма значительно отставала от эволюций двигателя. Прimitивного устройства передачи поглощали огромные количества энергии (иногда эта потеря равнялась

50—60% энергии), кроме того, затемняли фабрично-заводские помещения и являлись источником несчастных случаев. Это относится, главным образом, к ременным передачам. Немного лучше обстояло дело с передачей пара по трубам из центральной котельной в отдельные здания. Основным недостатком всех передач являются довольно значительные потери энергии. Но вот начинает развиваться электротехника, и в формах передачи наступает глубочайший переворот. Отпала надобность в ременных передачах, так как теперь каждая отдельная машина, каждый крупный станок на заводе можно привести в движение отдельным электромотором; стало возможно более свободное размещение машин и станков, в мастерских освободилось много места для установки кранов и подъемных приспособлений, улучшились освещение и вентиляция мастерских, а главное, благодаря электрической передаче стало возможно отделение (часто на сотни километров) двигателя от исполнительного механизма.

Два слова теперь о внутри-заводском транспорте. До последнего времени для перемещения тяжестей внутри завода пользовались, главным образом, трудом рабочих, физической силой неквалифицированных рабочих—мускулистых грузчиков. В настоящее время область применения этой неквалифицированной рабочей силы в заводском транспорте все больше и больше суживается. Все такие работы теперь выполняются электрическими кранами, кранами с электромагнитом и так называемыми конвейерами (транспортёрами). Конвейеры, это—аппараты, служащие для непрерывного передвижения материалов в горизонтальном или немного наклонном направлении. С помощью ленточных конвейеров можно легко перемещать непрерывно зерно, муку и другие сыпучие тела, а также уголь, руду, мешки с цементом и проч. Имеются конвейеры с автоматически опрокидывающимися ковшами, при помощи которых производится механическая загрузка доменных печей, паровых котлов и проч.

Конвейеры делают производственный процесс непрерывным, при чем изготовляемый данным заводом предмет последовательно передвигается на конвейере по отдельным мастерским и на том же конвейере выходит вполне готовым. Конвейером же готовые изделия переносятся в упаковочное отделение, а оттуда в нагрузочное отделение, прямо в вагоны или на грузовики.

В виду огромных преимуществ, представляемых конвейерами, приходится часто перестраивать многие старые заводы для того, чтобы сделать возможным применение на них конвейеров. Конвейеры вызваны к жизни системой массового производства и стандартизации, которых нам придется еще коснуться при рассмотрении общих тенденций технического развития; благодаря конвейерам радикально меняется весь строй производства.

Переходим к третьей основной части всякой машины—ее исполнительному механизму, или рабочему инструменту. Перво-

начально рабочий инструмент является как бы продолжением и дополнением органов человека, потом он начинает заменять органы человека, но при этом приобретает часто несвойственные органам человека формы движений (например, вращательное). Рабочие инструменты машины значительно превосходят органы человека: самый ловкий рабочий не в состоянии так тонко резать, так точно сверлить, так правильно точить, как это может делать машина. Вся эволюция рабочего инструмента машины преследовала единственную цель, а именно — достижение максимальных результатов при минимальной затрате силы, вещества и времени. Рабочий инструмент машины развивался в направлении специализации, при чем для самых тонких оттенков в выполнении рабочего процесса техника и вырабатывает соответствующие специальные инструменты.

После краткого обзора эволюции трех основных частей машины, нам необходимо остановиться на общих тенденциях современного технического развития. Современная индустрия характеризуется все большим и большим применением электрической энергии, механизацией и автоматизмом производственного процесса, значительным ускорением последнего, массовым характером производства, стандартизацией и нормализацией.

Электричество проникает во все области промышленной деятельности человека, главным образом в силу возможности передавать электрическую энергию по проводам на сотни и даже тысячи километров. По сети проволок перебрасываются на заводы и фабрики далеко отстоящих пунктов огромные потоки энергии. „Белый уголь“ совершенно меняет географическое распределение промышленных центров мира. Раньше промышленность не могла широко развиваться в странах, лишенных каменного угля, как, например, в Италии, Норвегии, Швеции; теперь же, благодаря „белому углю“, такие государства могут уже считаться индустриальными. Савойя, Тироль, Чили, Испания и другие государства в ближайшее время также выйдут на широкий путь интенсивного промышленного развития. Даже в тропической Африке, у водопадов на реке Замбези, в последнее время начинает возникать промышленный район с очень богатыми перспективами в будущем. Особенностью таких новых промышленных районов является полное отсутствие дыма и копоти, чистота, отсутствие фабричных труб и бесшумная работа динамомашин и электромоторов.

Электрическая энергия находит себе все растущее применение не только в качестве движущей силы, но и в металлургии, при изготовлении стали и вообще при электрической плавке металлов. В химической промышленности электричество также находит себе громадное применение. Особо надо отметить добывание из воздуха азотной кислоты путем окисления азота воздуха с помощью особой вольтовой дуги. Заводы, изготовляющие таким путем азотную кислоту, тем и интересны, что к ним ничего не подвозят,

а только вывозят получаемый из воздуха продукт, имеющий большое значение для военной промышленности и сельского хозяйства.

В горном деле электрификация совершенно изменила характер подземных работ и самую обстановку труда под землей. В других отраслях промышленности электрическая энергия также радикально меняет формы двигателя и передачи, при чем пуск в ход отдельной машины, а равно целой мастерской, фабрики и даже промышленного района производится простым поворотом рычага-выключателя. Электричество позволяет чрезвычайно повысить автоматизм работы и путем моментальных включений и выключений, изменения скорости движения станков и замены любых частей исполнительного механизма создавать любую комбинацию отдельных, порой очень сложных моментов в производстве. Присущее всем вообще машинам назначение—вытеснение человеческого труда—получает свое наиболее яркое выражение именно благодаря электричеству.

Ничто так не характерно для современной техники, как стремление к механизации и автоматизму. Под механизацией и автоматизмом понимают такую организацию производства, при которой замена человеческого труда машиной доведена до конца, и при которой за человеком остается лишь труд наблюдения за работой автоматов, замещающих человеческий труд.

Уже изобретение механического ткацкого и прядильного станков послужило сильным толчком к замене человека машиной, сведя роль текстильного рабочего лишь к наблюдению за ходом станков; рабочий вмешивался в процесс производства лишь при разрыве нити и других случайных моментах. Не претендуя на исчерпывающее изображение успехов механизации (автоматизма) во всех отраслях промышленности, мы остановимся лишь на некоторых производствах.

Возьмем производство стекла. Работа выдувальщика является чрезвычайно трудной, изнурительной и вредной для здоровья. Но вот американец Оуэн изобретает машину для механического изготовления бутылок, которая автоматически выполняет всю работу. Машина Оуэна в один день изготавливает несколько десятков тысяч бутылок, вместимостью в $\frac{1}{4}$ литра, при чем за работой машины наблюдает только один рабочий. В производстве стекла машина Оуэна имеет то же значение, какое некогда имел ткацкий станок в текстильной промышленности.

В производстве обуви мы также находим механизацию труда, значительно повышающую его производительность. Если раньше один рабочий мог изготовить одну пару обуви в день, то в настоящее время одна пара обуви изготавливается с помощью машин в 17 минут. Еще до войны на крупных американских заводах изготовлялось ежегодно 130 миллионов пар обуви для взрослых. Сапожник-ремесленник может в настоящее время

поддерживать свое существование лишь починкой старой обуви, но и из этой области он в Америке начинает постепенно вытесняться машиной.

Если мы обратимся к изготовлению булавок, то мы увидим, что в XVIII веке ремесленник мог изготовить в день не больше 20 булавок, между тем как машина выбрасывает 180 булавок в минуту. Если на фабрике 70 таких автоматически работающих машин, то в один день может быть изготовлено до 6 миллионов булавок. К машине прикрепляется лишь конец медной или стальной проволоки, а все остальное делает сама машина: она сама режет проволоку, заостряет концы, делает головку и проч.

В пищевой промышленности процесс перемола зерна механизирован от начала до конца. На вальцовых мельницах, работающих электричеством и снабженных конвейерами, все делается машинами-автоматами. На современных свинных бойнях связанные животные механически передвигаются сплошной цепью по всем отделениям боен вплоть до холодильника, где хранится замороженное мясо, в пять минут. Еще большую механизацию мы находим в изготовлении колбасы, консервов.

В химической промышленности большинство химических процессов протекает совершенно автоматически по раз навсегда установленному плану. Наблюдение за процессом производится часто из другого помещения через стеклянное окошко.

В спичечном производстве мы находим машины-автоматы, режущие палочки, опускающие головки в зажигательную массу, высушивающие их, отсчитывающие и складывающие их затем в коробки. При одном рабочем, надзирающем лишь за ходом машины, одна машина изготавливает ежедневно $3\frac{1}{4}$ миллиона спичек, уложенных в 50 000 коробок.

В печатном деле достигнута максимальная степень автоматизма работ. Сейчас печатание производится на бесконечной бумажной ленте, при чем сами машины печатают, фальцуют, отсчитывают, складывают листы и проч. Изготовление стереотипов, отливка букв и даже самый набор букв теперь производятся машинами.

Обратимся к швейному производству. В этой отрасли промышленности веками сохранялись старые ручные орудия производства — игла и ножницы. Но вот появляется швейная машина, и ручное шитье должно уступить место машинному, при котором количество стежков в минуту может быть доведено до 3000. Электромотор, приделанный к швейной машине, освобождает человека от довольно трудной работы вращения колеса.

Придуманы машины, механизующие процессы кройки, утюжки и проч. Существуют вязальные машины-автоматы, заменяющие 3000 ручных вязальщиц. Производительность ручной вязальной машины в 95 раз больше производительности ручной вязальщицы, производительность же современных вязальных машин-автоматов больше производительности ручной вязальщицы в 3000 раз.

Механизированы работы и по изготовлению сетей, кружев и проч.

В области конторского труда мы также находим целый ряд машин, значительно облегчающих труд человека: пишущие машины, арифмометры, диктофоны и проч.

В области сельского хозяйства механизация достигается с помощью паровых, электрических и тракторных плугов, жатвенных машин, молотилок, машин для сортировки зерна, соло-морезок и проч. Даже доение коров теперь производится с помощью машин. Изготовление молочных продуктов и сыроварение также механизуются от начала до конца.

И в области домашнего хозяйства целый ряд работ в настоящее время выполняется машинами. Домашняя хозяйка теперь может быть освобождена от целого ряда работ по тасканию воды, топке печей, стирке белья, удалению пыли из комнаты, уходу за лампами, чистке картофеля, рубке мяса и т. п. и т. п.

Особенный интерес в смысле механизации производства и автоматизма представляет металлообрабатывающая промышленность. Автоматизм здесь доведен до таких пределов, что человек здесь освобожден и от обязанности по надзору за машинами и регулированию их хода. Мы здесь находим целый ряд регулирующих, контролирующих и предохранительных аппаратов, автоматически регулирующих скорость работы, силу тока, давление пара и проч. Рабочему остается только пустить машину или станок в ход, все остальное делается совершенно автоматически. Из одного сборника французского союза металлистов, „La métallurgie“ за 1903 г., мы заимствуем описание одного крупного металлургического завода в Америке. Оговариваемся впрочем, что это описание теперь уже устарело, так как довоенная механизация производства теперь уже далеко превзойдена. „К гигантским башням доменных печей беспрерывно подъезжают поезда с коксом и рудой, автоматически нагружающиеся и разгружающиеся. Кое-где мелькают фантастические силуэты людей в кожаных масках с синими очками. Механизация работ огромна. При входе в прокатную видишь пустынный зал, где раздается лишь гул машин и изредка показывается молчаливый, почти неподвижный рабочий. Вдруг на рельсах подкатывается железная башенка, на вершине которой виден человек с правой рукой на рычаге. Нажим на рычаг, и вдруг гул... тяжелая дверца печи сама раскрывается, приоткрывая ее огнедышащую внутренность. Новый нажим. Железные руки башенки погружаются в пламенное жерло, своими железными пальцами захватывают болванку в 7 тонн, два других пальца яростно ее сжимают, выдвигают из печи и кладут на автоматически подкатывающуюся вагонетку. Вагонетка с раскаленной болванкой сама направляется к прокатным станам, где спустившиеся сверху пальцы крана подхватывают болванку и вводят ее в промежуток между медленно вращающимися цилиндрами. Красная болванка медленно движется по циклопи-

ческой мельнице, которая давит ее, как мягкий воск. А человек на башенке, попрыгивая трубкой, движется к следующей печи, ни на минуту не прерывая работы. В полчаса таким путем обрабатывается 40 тонн стали. Ставшая длинной и тонкой, болванка все более удлиняется и уплощается. Через 4 минуты она становится красным листом в 20 м длины, с грохотом прокатывающимся между цилиндрами. А мастерская все время пуста. Только приглядевшись, заметишь в ее центре будочку, где скрыт человек, играющий на рояле из кнопок и рычагов и невидимо управляющий своими железными рабами. Спокойными жестами он приводит в движение все вокруг и управляет этим адом грохота, жара и света, автоматически качающимися вагонетками, как бы разумно-сознательными движениями железных пальцев кранов и раскаленных болванок. Этот человек со своей машиной и несколькими товарищами в синих очках, точно играючи, исполняет работу 300 человек. В другой мастерской, где производятся рельсы, то же самое. Два человека среди огромной пустынной мастерской заставляют раскаленные болванки принимать форму рельсов. И здесь машины как-будто мыслят. Черные, как бы одухотворенные пальцы математически точно поднимают болванки весом в 7000 кг и передвигают их к вальцам. Ни одного ненужного жеста ни одной потерянной секунды. И тем не менее идет дальнейшее беспрестанное совершенствование механизмов. Вводятся новые машины, еще более механизующие труд и путем экономии нескольких секунд на каждом движении ускоряющие производственный процесс и все более увеличивающие производительность" (взято из книги М. Рубинштейна „Современный капитализм и организация труда“).

Ускорение производственных процессов составляет вторую отличительную черту современной техники. Первые паровые машины делали в минуту 20—50 оборотов; современные паровые машины делают 80—300 оборотов в минуту, двигатели внутреннего сгорания—от 140 до 1800, а паровые турбины—3000 оборотов в минуту. В каменноугольной промышленности буровые машины сокращают срок бурения на 30—75%. Разгрузка парохода в 10 000 тонн раньше производилась неделями, а теперь 25—30 рабочих разгружают такой пароход в 3—4 часа. После изобретения Тэйлором-Уайтом так называемой быстрорежущей стали, получаемой путем особой закалки и прибавлением небольших количеств редких металлов (ванадия, хрома, молибдена и др.), быстрота резания увеличилась на 183%. Если раньше ковкое железо получалось из руды в несколько дней, то теперь на это требуется лишь 20 минут. Первые пароходы употребляли на переезд в Америку 25 дней, а теперь от Нью-Йорка до Плимута можно проехать в пять дней 7 часов и 48 минут. Процесс дубления кож, длившийся раньше от полугода до года, а для некоторых сортов кожи даже 3 года и больше, теперь отнимает лишь 2—3 дня. Раньше один переплетчик в мелкой мастерской корпел над переплетом целый день,

а теперь при машинном производстве на 1 рабочего приходится 30 переплетов в день.

Можно без конца приводить примеры ускорения производственных процессов, но и сказанного вполне достаточно для понимания тенденции машинного способа производства, который немцы называют „быстрым производством“ (Schnellbetrieb).

Это ускорение производственного процесса стало возможно лишь на основе массового производства. С развитием железнодорожной сети потребовалось громадное количество однородных рельсов, гаек, болтов и проч., с развитием электротехники появился огромный спрос на электрические лампочки, — словом, развитие любой отрасли промышленности в настоящее время тесно связано с производством большого количества однородных фабрикатов. Массовое производство впервые было введено на американских заводах швейных машин Зингера, классическим же примером современного массового производства может служить всемирно известный автомобильный завод Форда. На этом заводе сначала изготовляли 100 автомобилей в день, а затем 1000. С 1909-го года Форд стал изготовлять только одну модель легкого дешевого автомобиля черной окраски, для чего в Детройте был выстроен специальный завод, в котором механизация и автоматизм были доведены до максимальных пределов.

Управление производственным процессом целых мастерских сосредоточено в специальных лабораториях, которые иногда расположены далеко от мастерских и которые руководят всеми работами с помощью телефона и целого ряда регулирующих приборов. Интересна сборка автомобиля на заводе Форда: на конвейере медленно движется остов автомобиля, а стоящие по обеим сторонам конвейера рабочие прикрепляют к этому остову в строго определенном порядке различные части, на ходу окрашивают, высушивают их и проч. Получается как бы сплошной поток, производство ни на секунду не прерывается, при чем все станки и приборы располагаются по ходу потока в том порядке, в каком движутся материалы, последовательно проходящие через ряд операций. Построенный на принципе массового производства, колоссальной механизации и автоматизма всех работ, завод Форда в Детройте сумел резко повысить производительность и выпускать в одну минуту 6 вполне готовых автомобилей.

Мировая война с ее неимоверным спросом на целый ряд однородных предметов вооружения и снаряжения дала новый толчок преобразованию промышленности и введению в ней методов массового производства, выгоды которого послужили причиной применения таких же методов и в мирной промышленности. Даже судостроение и постройка зданий стали теперь отраслями, где все производство построено по принципу массовой продукции. Отдельные части строений теперь изготовляются на разных заводах в массовом масштабе, быстро доставляются к месту назначения

и там так же быстро собираются, как, допустим, собираются отдельные части велосипеда или другой машины.

Массовое производство неизбежно влечет за собой и стандартизацию, под которой понимают типовое производство, рассчитанное



Рис. 1.

на изготовление небольшого числа типов и размеров. Это уменьшает издержки производства, дает возможность значительно упростить механизмы, дает возможность рабочему приобрести значительный навык и сноровку и тем повысить производительность.

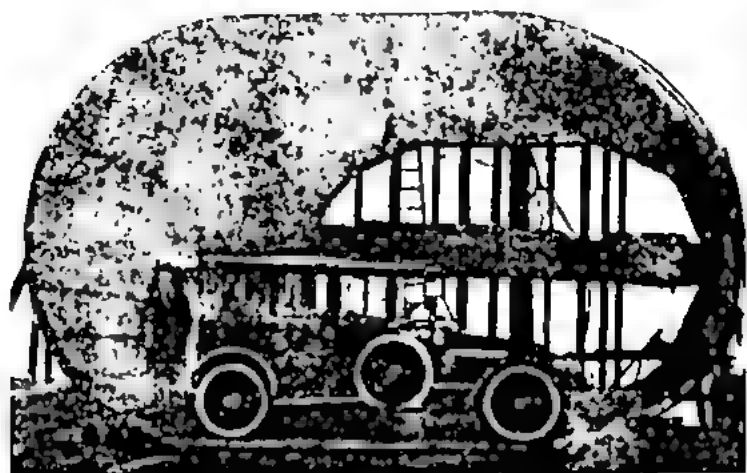


Рис. 2.

Кроме того, стандартизация дает полную возможность быстрой замены пришедших в негодность частей точно такими же новыми, которые можно затребовать с фабрики или завода, указав лишь номер, под которым они значатся. В виду абсолютной тождествен-

ности всех изготавливаемых на данном заводе или целом ряде заводов гаек, болтов, колес и проч. и проч., замена одних частей другими отнимает чрезвычайно мало времени. Нужно отметить, что в настоящее время принцип стандартизации может быть распространен положительно на все производства. Укажем один разительный пример стандартизации.

Англичанам потребовалось срочно перебросить железный мост через Нил. Европейские фирмы брались выстроить мост в $1\frac{1}{2}$ года, а одно американское общество, на заводах которого изготавливались стандартизованные части железных мостовых сооружений, взялось соорудить его в несколько недель, и точно выполнило задание к сроку.

Дальнейшее развитие стандартизации приводит нас к так называемой нормализации, представляющей ту же стандартизацию, но в масштабе целой страны и даже в масштабе международном.

Для электрических ламп, рельсов, винтов, гаек и большого числа других промышленных изделий создаются одинаковые формы и размеры, обязательные для всех стран. Например, патроны электрических ламп во всем мире изготавливаются одинаковых размеров, и поэтому электрическая лампа, изготовленная, положим, в Германии, вполне соответствует арматуре, изготовленной в Южной Америке или Японии. Во всей Европе ширина железнодорожной колеи одинакова, кроме

СССР. По мере развития современной техники, стандартизация и нормализация начинают проникать в различные области промышленности, всюду повышая производительность человеческого труда.

Грандиозный рост производительных сил, составляющий сущность машинного способа производства, является основой всей современной техники, далеко опередившей технику всех предше-

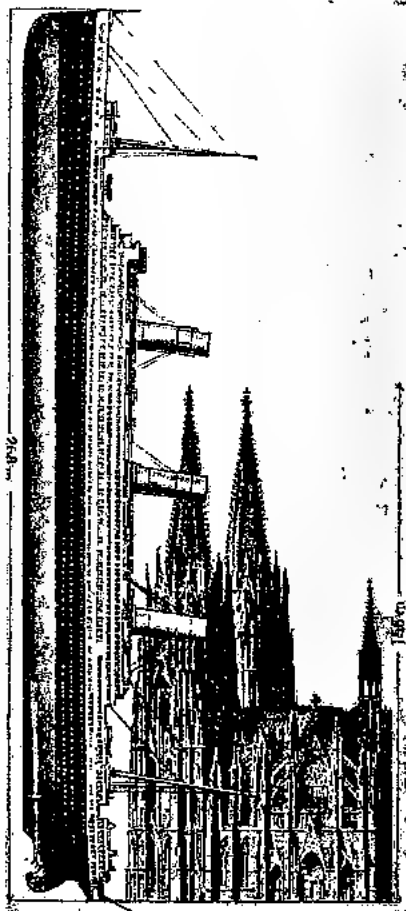


Рис. 3.

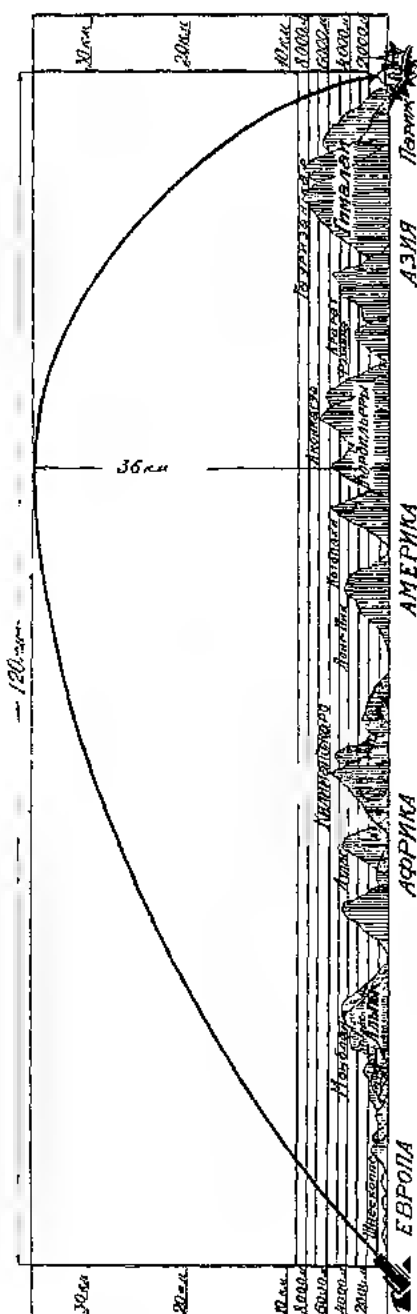


Рис. 4.

ствовавших веков, а различие между нашим веком машин и теми эпохами, когда машин не было, поистине колоссально. Какая разница в степени власти над мертвой материей, например, между первобытным человеком, вынужденным долгими месяцами сверлить свой незатейливый каменный топор, и современным человеком, который умеет с гораздо меньшей затратой труда и времени изготовить стальной вал длиной в 45 м (рис. 1) или строить стальные корабли такой величины, что в просвете их труб свободно может уместиться автомобиль (рис. 2). Как далеко мы ушли от наших предков, решавшихся, например, выплывать в море на своих ненадежных лодках. А в наше время строятся морские гиганты, о размерах которых дает нам представление рис. 3, где рядом с Кёльнским собором поставлен отвесно вверх пароход „Император“.

Наши отдаленные предки в борьбе с хищными зверями прибегали к примитивным формам орудий для защиты и нападения. Но какая колоссальная разница существует между каким-нибудь древним пращником и современным артиллеристом, орудие которого обстреливало в 1918 г. Париж с пункта, отстоящего от столицы Франции на 120 км. На рис. 4 мы даем изображение предполагаемой траектории такого дальнбойного орудия.

Когда человек отдаленных эпох должен был передать какие-нибудь важные сведения

своим соплеменникам, то он вынужден был прибегать к силе своих легких, при чем в самом благоприятном случае дальность передачи разговора не превышала 1 км. Позже стали прибегать к помощи специальных гонцов, либо же прибегали к световой сигнализации путем зажигания больших костров. Но разве все эти примитивные и жалкие методы передачи известий могут итти в какое-либо сравнение с гордостью нашего века — беспроволочным телеграфом? Ведь иначе, как чудом техники, и нельзя назвать работу современной радиостанции, волны которой облетают чуть не весь земной шар.

Человек раньше мог лишь робко мечтать о том, чтобы оторваться от земли и полететь; бессильный осуществить эту мечту, он мог лишь создавать мифы о Дедале, летавшем с помощью прикрепленных к телу крыльев. И только наш поистине „чудесный“ век сумел воплотить в жизнь эти заветные мечты человечества об овладении воздушной стихией.

Издавна мерилom высоты культуры считалась строительная деятельность человека. Какая разница между хижинoй дикаря и, хотя бы, кружевной Эйфелевой башней, поднимающейся вверх на триста метров. Как видно на рис. 5, гордый человек, творец этой башни, по сравнению со своим творением, кажется маленьким муравьем.

Современный человек, опираясь на точное знание, сумел овладеть силами природы и заставить их служить себе на пользу. Но творения человека не могут, конечно, претендовать на абсолютное совершенство, и какие-нибудь случайности, непредвиденные ошибки и т. п. дают этим полоненным и скованным силам природы возможность жестоко мстить человеку. Мы часто читаем в газетах о железнодорожных крушениях, обвалах мостов, взрывах в рудниках с массой человеческих жертв, о гибели крупных судов и проч. Но винить во всех этих случаях технику было бы, конечно, нераз-

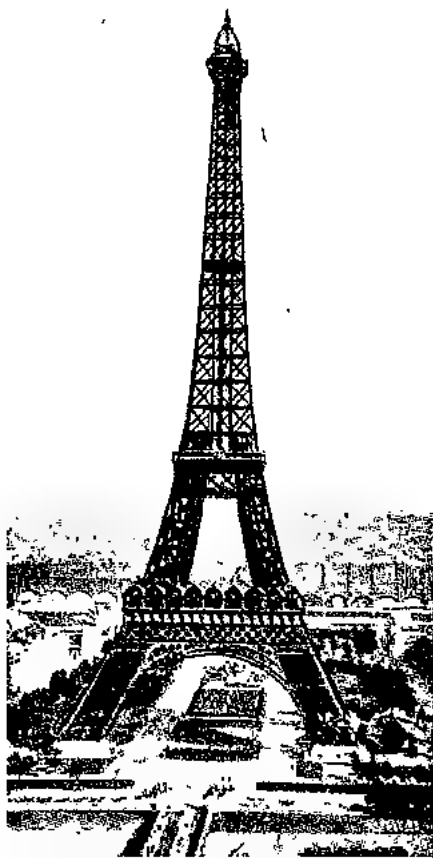


Рис. 5.

умно. Ведь, например, кондуктор, служащий на железной дороге, ежегодно проезжает свыше 100 000 верст, и если бы он вздумал это расстояние проехать на лошадях, то он несомненно имел бы во много раз больше шансов погибнуть в пути. Если идут ко дну современные морские гиганты, то гораздо чаще имеет место гибель мелких рыболовных судов; во всяком случае, никто не может отрицать, что поездки на современных океанских пароходах являются гораздо менее опасными, чем на прежних парусниках. Не надо забывать и того, что если авиация, например, вначале давала большое число катастрофических падений, то теперь с каждым годом все больше и больше устраняются различные причины, приводившие раньше к катастрофам, и передвижение по воздуху, надо думать, скоро станет столь же обыденным и безопасным, как передвижение на земле. Техника безостановочно идет вперед и ведет человека к светлому будущему.

ТЕПЛОТА И СВЕТ



II

ГОРЮЧИЕ ВЕЩЕСТВА И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

В тот момент, когда человек научился пользоваться свойствами огня, он сделал первый шаг к завоеванию господства над миром. Не пользование орудиями, а именно пользование огнем возвысило человека над всем царством животных; ведь и человекоподобные обезьяны умеют пользоваться палкой и камнем, как орудием защиты и нападения. Как бы далеко мы ни проникли взором в седую древность, мы всюду встречаем человека, умеющего пользоваться огнем. И чем дальше вглубь веков мы уходим от египетских пирамид, от древнейших китайских и индийских храмов к эпохе последней мировой зимы, к эпохе пещерных людей, тем ниже становится человеческая культура и тем проще орудия и утварь людей. Но как бы далеко мы ни заходили в третичный период, мы всюду найдем неизменный спутник человека — очаг.

Мифы и предания почти всех народов считают первого принесшего на землю огонь полубогом. Греческий Прометей за похищение небесного огня был тяжко наказан богами, но дело, за которое положил свою жизнь Прометей, восторжествовало: огонь был у людей на земле, и ничто уже не могло поколебать власть человека над миром. Индийские саги повествуют, что когда по первобытному лесу бесстрашно идет безоружный человек, неся в глиняном черепке раскаленные угли, то все звери пугливо усту-

пают ему дорогу, ибо этот горшок с красным цветком жалит большее колючего терновика и крапивы.

Каково бы ни было происхождение огня на земле, появился ли огонь от молнии, зажегшей дерево в первобытном лесу, или от потока раскаленной лавы, вырвавшейся из жерла вулкана, на человека оказалась возложенной самой жизнью задача поддержания и хранения огня. Это была огромная задача, жизненно важная и необходимая.

Огонь помог человеку подняться на первые ступени культуры; вокруг пылающего огня впервые собрался род; социально объединив людей, огонь в то же время дал людям возможность варить и жарить, обжигать глину и научиться гончарному искусству. И вполне понятно, что некоторые племена считали благодетельный огонь священным.

По мере того как проходили века, люди научились также и добывать огонь. Случайно человек мог заметить, что при трении двух кусков дерева получается сначала дымок, а затем и искорка. Наблюдение это, которое могло быть сделано во многих местах, было практически использовано человеком, и таким вот путем возникли примитивные способы получения огня путем трения (рис. 6). Человек стал самостоятельным в деле добывания огня, но все же указанные способы получения представляли довольно тяжелую работу, и поэтому люди старались облегчить ее. Вероятно, часто человек замечал, что искра получается при ударе камня о камень или железа о камень. Это наблюдение привело человека к созданию кремневых приборов для высекания огня, а позже — к прибору для зажигания, состоящему из стали, кремня и трута и сохранившемуся вплоть до XIX века.

Конечно, крестьянин, высекавший из кремня искры и направлявший эти искры на трут, стоял выше человека каменного века, в поте лица высверливавшего огонь из дерева, но не надо забывать, что такой сравнительно ничтожный прогресс растянулся на тридцать тысяч лет. Лишь в 1832 году впервые появляется фосфорная спичка; шведские же спички впервые появляются в 1848 году. Отметим кстати, что до 1910 года в Германии пакет из 10 коробок спичек можно было купить за 10 пфеннигов (5 коп.), иными словами за 5 копеек можно было просто и удобно 600 раз получить огонь. Когда акция на спички был увеличен, и цена пакета спичек утроилась, на помощь человеку пришла техника, создавшая современную зажигалку, в которой трут заменен фитильком с бензином, а кусок стали — небольшим колесиком, при чем уже слабое нажатие пальцем дает достаточное пламя. Современная зажигалка при очень небольшом расходе на кремешки и бензин оказывается в пять раз экономичнее спичек, производство коих, благодаря этому, значительно уменьшается. С точки зрения экономии дерева и сохранения лесов такую замену спичек зажигалками можно только приветствовать.



Рис. 6.

На картинах XVIII века верхов испанцами, главным образом гасконцами, изображены. Деревья горки в окрестностях деревень, изображены дубовые и буковые, а также сосны и в некоторых случаях ели. В Мадрид и на Востоке испанцы изображены в

жгли в своих хоромах благовонные деревья, крестьянская голь согревалась у костра из собранного в лесу валежника.

В чем же заключается процесс горения, что при этом происходит? Для понимания этого нам нужно мысленно перейти от темной зимней ночи, освещаемой и обогреваемой нашим огнем, к ярким солнечным летним дням. Дерево, из которого получились наши дрова, стоит в лесу, полное жизненных сил, его зеленая листва нежится в солнечных лучах. С первого взгляда может показаться, что ничего особенного при этом не совершается, на самом же деле мы имеем здесь химический завод, работающий полным ходом. Живые зеленые листья, в процессе дыхания, безостановочно поглощают углекислоту, при чем выдающуюся роль играет зеленое красящее вещество листа — хлорофил; солнечный луч при содействии хлорофила расщепляет углекислоту на углерод и кислород, при чем кислород через поры листа выделяется в атмосферу, а углерод при содействии того же хлорофила образует с водой, содержащейся в веществе листа, различные углеводы — клеточную древесину, белый сахар, камедь, — словом, все то, что принято считать деревом.

Вот мы бросили в камин свежее полено, и охватывающее его со всех сторон пламя снова расщепляет то, что прежде было соединено при помощи хлорофила; незаметно для нас полено освобождается от водяного пара, углерод же расщепленных углеводов остается в виде черного угля. Этот процесс обугливания полена завершается тем, что из какой-нибудь щели в полене вырывается ослепительно белое острое пламя; углеводороды, частью уже раньше содержащиеся в дереве, частью же образовавшиеся при обугливании, т.-е. при расщеплении углеводов, удаляются из полена через множество трещин и щелей и, полая в огонь, сгорают ярким белым пламенем.

Горячее дыхание пламени продолжает охватывать полено, представляющее теперь уже почти чистый углерод. Это огненное дыхание как бы пробуждает в углероде воспоминание о тех ясных солнечных днях, когда углерод был соединен с кислородом в форме свободно содержащейся в воздухе углекислоты. И вот происходит новое соединение атомов кислорода, притекающего к пламени воздуха, с углеродными атомами, содержащимися в нашем полене, и от этого соединения снова образуется углекислота. Но в момент такого соединения снова как бы оживает солнечный луч, нашедший себе успокоение в лиственной зелени леса, и раскаленное полено излучает в пространство тепловые и световые лучи.

Таким образом, дерево является как бы складом, вместилищем солнечного излучения, а при зажигании дерева эти связанные и полоненные солнечные лучи снова получают свободу, освещая мрак ночи и давая нам тепло. В одном килограмме дерева заключается до трех тысяч тепловых единиц, т.-е. количество тепла, достаточное для поднятия температуры 3000 килограммов

воды на один градус Цельсия. Так как из физики мы знаем, что одна единица тепла соответствует механической работе, равной 428 килограмметрам,¹ то в одном килограмме дерева содержится энергия, могущая поднять кусок дерева весом в 1 килограмм на высоту 1284 километров. Улавливать эту энергию и заставлять ее работать на пользу человека мы научились лишь в век паровых машин и паровых котлов; в течение же сотен тысяч лет до этого река пара огонь являлся для человека исключительно источником света и тепла.

Брошенное нами в камин полено, прежде чем загореться, сначала освобождается от водяных паров и углеводородов. И, конечно, нетрудно было додуматься до того, чтобы использовать эту подготовительную стадию горения для получения чистого углерода.

С этой целью в лесу складывают дрова в форме полушаровидной кучи (рис. 7), обкладывают эту кучу землей или дерном и зажигают дрова. Без такой дерновой крышки от дров осталась бы лишь одна зола; далее, будь эта крышка сплошной, без отверстий, то самое горение было бы невозможно из-за недостатка воздуха.

И вот все искусство угольщика в том и заключается, чтобы целесообразно расположить отверстия в этой крышке; кроме того, и величина этих отверстий должна давать гарантию, что через отверстия уйдут лишь водяные пары и углеводороды, вся же масса углерода по возможности останется в куче. Равномерное и медленное горение дров в таких кучах превращает мягкое и белое дерево в черный древесный уголь; затем угольщик отвозит этот древесный уголь в город, где его покупает и кузнец для своего горна, и ювелир для плавления золота и серебра, и домашняя хозяйка для самсара и духового утюга, и металлург для обжигания руд.



Рис. 7.

¹ Один килограмметр представляет собой работу, соответствующую подъему одного килограмма на высоту одного метра.

В настоящее время техника добывания древесного угля прогрессировала, и вместо дерновой покрывки мы имеем уже кирпичную печь той же полушаровидной формы с отверстиями для выхода водяных паров и углеводородов. В виду все возрастающей дороговизны дров указанный обычный способ получения древесного угля является устарелым и неэкономным. Ведь желательнее извлечь из дерева максимальную пользу и получить не только углерод, но и другие составные части, раньше пропадавшие для нас зря. Если подвергнуть дерево сухой возгонке в железной реторте, без доступа воздуха, то мы будем иметь в реторте процесс, аналогичный тому, какой совершается в покрытой дерном куче для обугливания дерева. Дерево в реторте начинает буреть и чернеть, и из него валит густой дым: это выделяется смола и другие продукты возгонки — древесный уксус и древесный спирт. Таким образом нам удастся получить из дерева, кроме угля, еще такие ценные для человека продукты, как смола, древесный уксус и древесный (метиловый) спирт.

Лесные богатства, дающие человеку весьма удобный для горения материал, распределены по лицу земли далеко не равномерно. Есть и безлесные места, покрытые топиями и болотами, но и о них благодетельная природа позаботилась и также снабдила их горючими веществами. В этой воде топей и болот природа схоронила солнечную теплоту давно прошедших веков. Мы имеем в виду торф. Торф представляет собой темную губчатую массу, являющуюся результатом медленного разложения под водой различного рода болотистых растений. В выбоинах и котловинах, образовавшихся на поверхности земли еще в ледниковую эпоху, собралась стоячая вода, как мы это и теперь еще наблюдаем в озерном районе Финляндии. Это была неглубокая вода, вскоре покрывшаяся довольно богатой растительностью — водорослями, камышами, всякого рода травами. Все это зеленело, цвело, умирало и погружалось на дно. Среди растений, принимающих участие в образовании торфа, наибольшую роль играет белый мох (*sphagnum*) — многолетнее растение, ежегодно вырастающее на 12—20 дюймов, при чем в то время как верхняя часть растения продолжает расти, нижняя часть постепенно отмирает и погружается на дно. Из года в год непрерывно происходило отмирание растений, слой растительных трупов на дне становился все толще и толще, а с берега растения все больше и больше надвигались на середину болота, покрывая его как бы густым ковром. Так на месте красивого голубого озера третичной эпохи образовалась покрытая мохом топь.

В таких болотах и топиях нашло себе могилу немало людей. На дне их покоятся и охотник каменного века, увлекшийся погоней за каким-нибудь животным и неосторожно вступивший на этот эластический мшистый ковер, и средневековый рыцарь, преследуемый восставшими крестьянами и одетый в железные

свои доспехи, влекущие его на дно. Проходят века, и лишь в двадцатом веке человек смело может ступить там, где некогда колыбалась вода, так как мшистое дно и мшистый покров соединились, образовав сплошную устойчивую массу. Теперь вот пришел черед для извлечения и этих топливных богатств. Рассмотрим вкратце судьбу этих водяных растений, погружавшихся на дно болот. В общем, мы и здесь находим те же процессы, какие совершаются в вышеупомянутых кучах для обугливания дерева или железных ретортах для его возгонки. Тысячелетиями на поверхность этих болот поднимались углеводороды (болотный газ и пр.), которые загорались в присутствии фосфористого водорода (от разлагающихся лягушек) и тем давали основание сказкам о блуждающих огоньках. После выделения этих углеводородов на дне оставалась все более чернеющая, содержащая углерод масса, из которой постепенно образовался торф.

Торф содержит всего 56% углерода, много землистых примесей и весьма влажен, теплотворность его незначительна, всего 4—6 тысяч калорий, но благодаря дешевизне он с каждым годом находит себе все большее и большее применение в технике. Помимо чисто отопительных целей разработка торфяных болот преследует также и другую цель, а именно — увеличение сельскохозяйственной площади.

Прежде чем начать разработку торфяника, необходимо предварительно окопать его глубокими канавами для осушки разрабатываемого участка, снять кочки, засыпать ямы, отвести ключи, коими питается болото, позаботиться о так называемой плитовке, т.-е. об устройстве ровных и сухих площадок, на которых потом будет производиться сушка резаного или каким-нибудь другим образом приготовленного торфа. Резка торфа производится или ручным способом (рис. 8) или специальными торфорезными машинами. В обоих случаях, после снятия верхнего слоя дерна торф режется на горизонтальные слои, разделяемые вертикальными надрезами, и в резуль-



Рис. 8.

тате получают небольшие плитки торфа, которые складываются в столбики для того, чтобы с них стекла вода, а затем перевозятся в открытые со всех сторон сарай, где торф и досушивается.

В случае илистого торфа, его прямо вычерпывают из болота сачком и формируют с помощью особых машин, превращающих этот илистый торф в плотные прессованные бруски. Скажем еще два слова о способе Шверина, предложенном для отделения илистого торфа от содержащейся в нем воды. Когда электрический ток пропускают через содержащую муть жидкость, то происходит отложение твердых частиц мути у положительного полюса (анода). И вот Шверин предложил использовать это наблюдение в торфяном производстве: в резервуар наливается илистый торф, посредине резервуара устанавливается частая металлическая сетка, к которой при пропускании электрического тока и устремляются все илистые частицы, образуя на поверхности сетки плотную массу.

Наш технический век не мог, конечно, ограничиться простым сжиганием торфа, и техника постаралась извлечь из этого горючего вещества максимальную пользу. Во-первых, придуманы были машины, в которых свежесрезанный торф под значительным гидравлическим давлением сразу освобождается от воды и спрессовывается в плотные торфяные кирпичики или брикеты, в смысле теплотворности мало уступающие каменному углю; перевозить такой брикетированный торф, конечно, гораздо удобнее и дешевле, чем рыхлый торф, содержащий много воды. С другой стороны, в последнее время применяется и химическая обработка торфа, а именно: его возгоняют подобно дереву в железных ретортах и получают при такой сухой возгонке спирт, ароматические масла и проч. В ретортах при этом остается плотный чистый уголь. Наконец, нужно отметить еще, что недавно стала практиковаться обработка молодых волокнистых слоев торфа для получения из них пряжи; из такой пряжи изготавливаются грубые ткани.

Сжигая торф, мы используем солнечную теплоту прошедших тысячелетий. Но мы имеем в своем распоряжении старые запасы солнечной энергии, давность которых определяется не тысячелетиями, а сотнями тысяч лет. Углубляясь мысленно в седую древнюю историю нашей планеты, в ту отдаленную от нас эпоху, когда на земле еще не было и не могло быть ни одного человека, когда представителями животного мира были лишь немногие виды насекомых, рыб и раков, мы приходим в так называемую каменноугольную эпоху. В эту эпоху температура земной поверхности и окружающей ее атмосферы значительно выше, чем в настоящее время, при чем в воздухе содержится громадное количество углекислоты. Бедность фауны возмещается неслыханно пышным ростом флоры: мы имеем в виду гигантские лепидодендроны, сигиллярии, каламарины и др. могучих предков теперешних низкорослых

папоротников и хвощей. Величаво высятся эти гиганты в лесу, и ничто как будто не угрожает их существованию. Но вот наступает геологический переворот, возвещающий о себе страшным землетрясением и вулканическим извержением. Высоко в воздух взлетают огромные глыбы скал, и эти величественные леса гибнут, похороненные под мощными нагромождениями из камней и лавы. Снова проходят века, и на этом огромном кладбище снова начинает зеленеть не менее пышный лес, в котором на ряду с исполинскими хвощами и папоротниками появляются уже и лиственные деревья. Однако, и этот лес постигает такая же печальная участь: через несколько тысячелетий он снова гибнет от землетрясения. Но неисчерпаемая сила произрастания побеждает и эту катастрофу, за которой таким же образом следует третья, четвертая и пятая. Этим и заканчивается каменноугольная эпоха, катастрофы становятся все реже и реже, — наступает эпоха лиаса и триаса, эпоха извести и мела. В третичную эпоху на земле появляется будущий царь природы — человек, который, конечно, и не предполагает, что глубоко в земле покоится насильственно убитый лес. Что же стало с этим лесом? Сверху он придавлен громадной тяжестью каменных глыб, при чем стволы, ветви и сучья уже давно превратились в один компактный слой, снизу же лес испытывает на себе действие земного тепла. Когда над этим похороненным лесом пронеслись первые пятьдесят тысяч лет, в стволах произошли те же изменения, какие происходят с поленом, брошенным в камин. Из этих стволов выделилась вся вода, отщепились углеводороды и остался темнобурый уголь, сохранивший еще структуру дерева. Таким вот образом и образуется бурый уголь. Последний и получается из тех сравнительно молодых лесов, которые были засыпаны сравнительно поздно, всего пятьдесят тысяч лет тому назад.

Иначе обстоит дело с древним каменноугольным лесом. Он превратился в бурый уголь еще до появления человека на земле. Соты тысячелетние промежутки времени следовали друг за другом, уголь этот все твердел и чернел и все больше освобождался от воды и углеводородов. В тех лесах, которые были похоронены первыми, новых изменений не могло уже больше происходить; полученный из них каменный уголь содержит 97% чистого углерода и имеет твердость камня и металлический звук и блеск. Из самого нижнего леса получился антрацит, из второго леса получают сорта так называемых тощих углей, дающих сильный жар без пламени. Пламенный уголь получается лишь из третьего лесного слоя, четвертый же лес дает уголь, богатый газом, или жирный уголь.

Время шло, одно тысячелетие сменяло другое, и когда прошло много сотен таких тысячелетних промежутков, то на старушечьем лице земли появились морщины, земля местами стала сморщиваться, на коже появились складки, и эти морщины и складки местами обнажили верхний каменноугольный лес, и на нем снова

заиграли лучи солнца. Тысячелетия проходили, и, вероятно, никто не обращал внимания на эти черные камни. Случайно, быть-может, несколько таких черных камней попали в огонь костра, разложенного каким-нибудь пастухом, который, к своему изумлению, видит, что эти черные камни горят... Весть об этом начинает быстро распространяться, и в XVI столетии эти камни стали возить в английские города, а с 1619 года каменный уголь стал вытеснять древесный на металлургических заводах. Люди с жадностью набросились на эти открытые разработки, которые скоро были исчерпаны. В погоне за углем, имеющим громадное значение для всей промышленности, человеку пришлось все больше и больше углубляться в землю, — в некоторых шахтах Вестфалии разработка ведется теперь на глубине 1000 метров, а некоторые пласты английского угля разрабатываются даже вне границ Британского острова, глубоко под морским дном.

Рассмотрим вкратце, каким путем человек может так глубоко забираться в поисках угля. Если вы подъедете к месту, где устроены угольные шахты, то на поверхности земли вы не заметите ничего такого, что отличало бы данную местность от соседних. Вы увидите однообразную равнину, с лугами и полями, и лишь владелец угольных шахт, имеющий геологическую карту местности, знает, что на глубине 500 метров залегает первый пласт угля, за которым, в небольшом расстоянии один от другого, следуют еще шесть угольных пластов. Часть луга огораживают, появляются рабочие, которые начинают рыть круглую яму, диаметром 10 метров. Уже на глубине трех метров рабочие наталкиваются на подпочвенную воду. Тогда землекопцов сменяет партия других рабочих — слесарей и монтеров, доставляющих к месту работ тяжелые чугунные части. Тут же на месте все эти чугунные части свинчиваются, и получается крепкий чугунный цилиндр, так называемый опускной колодец, высотой около метра, книзу заостренный, а сверху снабженный горизонтальной кольцевидной площадкой шириной около $\frac{3}{4}$ метра. На этом кольце каменщики возводят крепкую каменную кладку круглой формы, плотно прилегающую к стенкам ямы, при чем работа каменщиков длится до тех пор, пока верхний край каменной кладки не достигнет высоты 1 метра над поверхностью земли. Их сменяет новая партия рабочих, которые возводят над всей ямой мостовидные сооружения, на коих устанавливаются черпальные машины, экскаваторы. Последние приводятся в движение силой машин, и только с их установкой и начинается собственно опускание шахты. Безостановочно черпалками удаляется из ямы песок, при чем железное кольцо, с поставленной на него каменной кладкой, опускается все ниже и ниже, так что каменщики, стоящие теперь наверху, прибавляют столько же новой кладки, насколько углубилась яма.

Такая медленная, кропотливая работа длится месяцами, и никаких внешних перемен в работе незаметно. Но вот вместо песка черпалки начинают извлекать липкую голубую глину, работа уже производится на глубине 100 метров, еще 2 метра — и пройден слой глины. Наступает черед для мощных насосов. Их длинные рукава погружаются в воду, начинается работа электромоторов, и широкой струей вода из шахтной ямы бежит в соседнюю речку или ручей. Вот уже в шахте не осталось воды, вот уже достигнут слой мергеля; пройти сквозь этот слой можно лишь с помощью острой кирки, молотка и бурава, — отламывая большие куски, рабочие проникают в глубину 50 метров в мергель. От нижнего конца кольцевой каменной кладки опускают вниз глубоко в мергель тяжелые железные листы, а промежуток между ними и стенами шахты заполняют тщательно цементом, благодаря чему шахта раз навсегда гарантирована от затопления ее водой. Работа шахтеров все углубляется, при чем, в виду того, что приходится проникать сквозь твердые породы, шахтеры прибегают уже к помощи динамита и пороха. По мере углубления шахты, геологи внимательно изучают характер пород. Но вот достигнута глубина в 500 метров, и рабочие уже ударяют инструментом об уголь. Дальнейшее углубление шахты приходится временно приостановить, так как необходимо укрепить стены шахты толстыми балками. Наверху же над шахтой возводится шахтное здание, где вскоре на большой высоте будут вращаться мощные массивные барабаны с намотанными на них стальными канатами, поднимающими и опускающими клетки с углем. Барабаны эти приводятся в движение мощными паровыми машинами или электромоторами. Эти же машины заставляют работать насосы и вентиляторы и развивают в динамомашинах электрический ток для освещения как надземных построек, так и всех подземных галлерей, ходов сообщения и проч. Не вдаваясь в описание устройства штреков, квершлагов, отметим лишь так называемый рудничный двор — широкое пространство, куда непрерывно подвозятся вагонетки с углем для подъема их наверх. Вагонетки эти катятся по рельсам, проложенным в подземных галлерейках, подталкиваются возчиками и могут соединяться в целый поезд, отвозимый небольшим электровозом (рис. 9). Из многих тысяч таких шахт безостановочно круглые сутки машины извлекают огромные количества каменного угля, настолько чудовищно огромные количества, что уже раздаются голоса, предостерегающие нас от такого расточительного отношения к нашим угольным запасам, количественно все же ограниченным; другие уже рисуют даже мрачные картины будущего, когда иссякнет весь уголь, являющийся для нас в настоящее время важнейшим источником тепловой энергии. Эти страхи, конечно, в значительной мере преувеличены, потому что кроме черного угля мы имеем в своем распоряжении еще и белый уголь. Тысячи ручьев и рек катят в долины огром-

ние воды, а эту энергию падение воды чашею всего умеет превратить в электрическую энергию. С помощью этой мы можем производить все те работы, которые до сих пор производились обыкновенным обыкновенным углем паровых машин. Вильям, для примера, Ньюкастль сообщает, мощность его электростанции составляет 10 миллионов лошадиных сил. Это же! А сколько еще-каждый знает, что существует! Электрическая энергия угля, то, следовательно, для получения энергии Ньюкастль электростанция с помощью паровых машин превращает до сего времени около 15 тысяч тонн обыкновенного угля. В данном месте обыкновенно

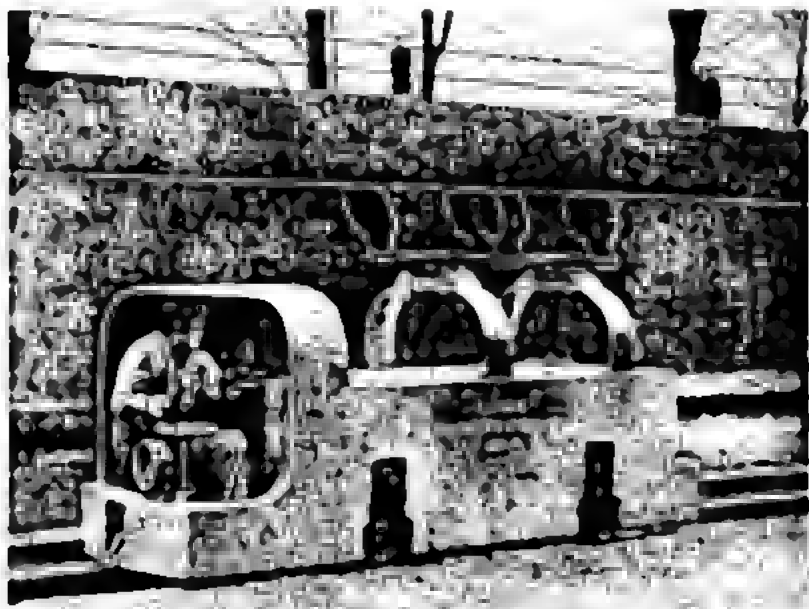


Рис. 9.

еще не все энергии Ньюкастль, но уже немало из него. Потом Ньюкастль электростанция производит, а потом его энергию будет превращена в электрическую, которую будут использовать города и деревни, начиная от Атлантического океана и до берегов Китая. Электричеством мы имеем большое количество угля, производимое в Швеции, Швейцарии, Норвегии, Германии и других странах. В сущности говоря, потребление большого угля все уменьшается, тем самым наиболее экономно можно будет использовать угля.

Еще чрезвычайно недавно человек не умел использовать те воды, которые были в природе угля, поэтому считалось, что угля и нефти было много, а потому не считалось

в топках котлов. В настоящее время эта угольная пыль и вообще мелкий уголь либо превращаются в кокс, либо поступают на брикетный завод, где особыми машинами спрессовываются в брикеты. Такое брикетирование имеет очень важное значение еще и потому, что сырой каменный уголь из-за способности к самовозгоранию не раз служил причиной больших несчастий (например, на кораблях во время рейса), и что при долгом хранении сырой уголь значительно теряет в своей теплотворности. Брикетирование дает возможность рационально использовать и плохие сорта угля. При нагревании угля в коксовальной печи из него выделяются газообразные углеводороды, которые после очистки поступают в газометр, а затем могут быть использованы для целей отопления, освещения и получения движущей силы. Кроме газообразных продуктов при коксовании угля получается каменноугольный деготь, из которого при дальнейшей возгонке получают очень ценные ароматические масла, бензол, толуол, красящие вещества, искусственные ароматические вещества и проч.

Горючие вещества встречаются в природе не только в форме твердых тел (дерево, каменный уголь), но и жидких, как нефть и ее производные — бензин, керосин, мазут. Остановимся на нефти, как имеющей огромное значение для жизни промышленных стран. Нефть представляет собой густую, вязкую бурю жидкость, легко загорающуюся; теплотворность ее равна почти 10 000 калорий, иными словами, в смысле развиваемого тепла нефть превосходит лучший каменный уголь. Нефть находят при бурении глубоких колодцев во многих местах земного шара; особенно велики запасы нефти в Северной Америке, в Пенсильвании. В России пользуются мировой известностью месторождения нефти близ Баку. Как образовалась нефть? На этот счет существуют две теории: по одной теории, нефть представляет собой жидкий минерал, но другой — она является продуктом разложения органических веществ допотопных рыб. Много, много тысяч лет тому назад рыбы эти наслаждались жизнью в неглубоких морских бухтах, дно которых постоянно покрывалось рыбными трупами. Над этим рыбным кладбищем отлагался песок, в течение веков превратившийся в твердый песчаник. В течение многих тысячелетий из жира этих рыб отделились вода и газы, оставив под песчаником нефть, которая, в силу огромного давления, пропитала весь песчаник, выполнив все пустоты в нем. И когда через сотни тысяч лет буровая скважина попадает на такой подземный резервуар с нефтью, то из такой скважины с огромной силой вырываются сначала газы, затем вода, а в заключение нефть в виде огромного фонтана, бьющего на десятки сажен вверх под давлением в двадцать атмосфер. По другой теории, происхождение нефти находится в связи с неорганическими процессами. Если взять какой-нибудь металл, кислород и углерод, то при обыкновенной температуре из этих трех элементов не получается никакого химического соединения

Если все три элемента ввести в доменную печь, где температура достигает 1000 — 1500 градусов, то кислород проявляет большее родство к углероду, чем к металлу, и углерод сгорает в углекислоту. Если же до этого опыта кислород уже был соединен с металлом (в форме окиси металла), то в температуре доменной печи кислород отщепляется от металла и соединяется с углеродом, образуя углекислоту. Как известно, на этом базируется часть процессов, совершающихся в доменной печи при обжигании руд. Но если три наших элемента (металл, кислород и углерод) подвергнуть действию температуры в 3000 градусов (а такую температуру мы имеем в электрической печи), то происходит соединение металла с углеродом, при чем образуется карбид металла, а кислород остается свободным. Так как в очень глубоких слоях земли температура может достигать температуры электрической печи, то есть основание предполагать, что в недоступных еще человеку глубоких слоях находятся громадные залежи металлических карбидов, по сравнению с которыми все наши запасы каменного угля являются крайне ничтожной величиной. Когда на такой карбид попадет тем или иным путем вода, то последняя расщепляется на свои составные части — кислород и водород, при чем кислород вступает в соединение с металлом карбида, образуя металлическую окись, а водород с освободившимся в карбиде углеродом образует углеводород. Характер последнего зависит от характера самого карбида: так, карбид кальция, употребляемый нами для велосипедных и автомобильных фонарей, дает углеводород, известный под именем ацетилена. И вот ученые, не разделяющие органической теории происхождения нефти, считают, что нефть и является именно таким продуктом разложения пока еще неизвестных нам металлических карбидов. Какая теория правильна, сказать трудно, возможно даже, что обе теории верны, что в одних местах нефть образовалась органическим путем, в других же путем разложения металлических карбидов.

Нефть представляет смесь большого числа углеводородов, при чем газообразные углеводороды сейчас же выделяются в воздух, как только из земли забьет фонтан. Для получения из нефти остающихся в ней углеводородов, нефть перекачивается насосами в перегонные кубы, где и происходит постепенное подогревание нефти. Так как температуры кипения различных входящих в состав нефти углеводородов различны, отличаясь друг от друга на 19 градусов, то, пользуясь постепенным нагреванием, мы можем выделить отдельные составные части нефти. При постепенном нагревании от нефти прежде всего отделяется самый легкий и летучий бензин, пары которого переходят в пространство с более низкой температурой, где и происходит сгущение этих паров в жидкость.

Когда нефть переходит во второй куб, где в силу большей температуры из нефти начинают испаряться и более тяжелые

части, то в результате такого перегона мы получаем керосин. После него последовательно получаются жидкое машинное масло, густое машинное масло, затем вазелин и, наконец, дегтеобразный остаток - мазут. О значении бензина и керосина, конечно, нет надобности много распространяться: каждый знает, какое важное значение имеет бензин для автомобильной индустрии, и какую роль играет керосин в деле освещения. Раньше, когда люди еще не додумались до перегонки отдельных составных частей нефти, и когда для освещения, например, употреблялась нефть, как таковая, нередко были несчастные случаи и пожары. Взрывал, конечно, входящий в состав нефти бензин. Когда количество нефти в лампе уменьшалось, то и яркость пламени значительно уменьшалась, потому что в лампе оставалось машинное масло, с трудом поднимавшееся по фитилю, а на самом дне лампы оставался густой вазелин. Таким образом, расходы, связанные с перегонкой нефти, окупаются вполне, потому что таким путем мы получаем весьма ценные продукты, как бензин, керосин, мазут. Керосин и мазут накачиваются в особые резервуары, откуда по особым нефтепроводам, как в Баку, идут к станциям железных дорог или к морским гаваням. По железным дорогам нефть, керосин и мазут перевозятся в специальных вагонах-цистернах, а для перевозки по воде служат специальные наливные суда с огромными резервуарами. В эти резервуары нефть накачивается и выкачивается насосами.

Очень ценным горючим веществом является винный спирт или алкоголь, - ценен он между прочим потому, что совершенно не оставляет золы и не загрязняет топки. В качестве топлива спирт находит себе применение не особенно часто. Крупные поместья в Германии, имеющие собственные винокуренные заводы, сжигают спирт, в этих случаях освобождаемый от акциза, в топках локомотивов. Спирт, главным образом денатурированный, применяется и в домашнем хозяйстве для специальных горелок-спиртовок, для паяльных ламп и т. п. Спирт получается из органических крахмал содержащих веществ (картофеля, хлебных зерен), а также из тростникового сахара, риса и фруктов. Путем варки и раздавливания этих крахмалистых веществ готовят отвар (сусло), к которому затем прибавляют дрожжевые грибки. Последние в процессе питания и жизнедеятельности разлагают заключающийся в этом отваре сахар на угольную кислоту и спирт. Угольная кислота выходит из раствора в форме бурлящих пузырьков газа, спирт же остается в растворе, из которого его легко выпарить путем подогревания до 85 - 90 градусов. Спирт горит голубым пламенем, развивает при горении довольно высокую температуру (выше 800 градусов) и дает больше 6000 калорий. Широкому применению спирта в технике в значительной мере мешает его высокая цена.

Переходим к газообразным горючим веществам. В тех местах земного шара, где добывается нефть, например в Пенсильвании

и близ Баку, из глубоких трещин в земле выходят горючие газообразные углеводороды. Близ Баку в Сураханах татары, зажигая эти газы, пользуются ими как даровым топливом для обжигания извести, а в Пенсильвании этими выходящими из земли газами освещаются и отапливаются целые города.

Горючие газы можно получить и искусственным путем. Уже в 1682 г. Иоганн Бехер заявил о возможности получения горючих газов при помощи коксования угля, в 1739 г. англичанин Джон Клейтон пытался заводским путем получить каменноугольный газ. Первый завод для изготовления светильного газа появился в 1792 г. Машиностроительный завод изобретателя паровой машины Уатта и Больтона освещался газом. В 1802 г. некий Винцлер получил от короля Георга III патент на освещение городов газом, и с этих пор каменноугольный газ начал свое победное шествие в промышленности и технике.

Если каменный уголь поместить в реторту и нагреть его до температуры выше красного каления, то из него выделяются все газообразные углеводороды. Их проводят через сложную систему промывных аппаратов, в которых газы освобождаются от всех примесей (дегтя, аммиака и проч.). И после этого получается совершенно прозрачный газ со слабым запахом, напоминающим запах бензина. Теперь уже этот газ может быть собран в газгольдере или газометре. Чтобы дать читателю представление о размерах современной газовой индустрии, напомним, что амстердамский газгольдер вмещает до 100 000 кубических метров газа; если этим количеством газа наполнить аэростат, то последний мог бы подняться на воздух сразу тысячу человек.

Устроены эти газгольдеры очень просто: огромный металлический колокол, полый внутри, опускается в такой же величины резервуар, наполненный водой. Газ поступает по трубе под колокол, легко всплывающий наверх, потому что тяжесть колокола уравновешивается противовесами. Если хотят, чтобы газ направился из газгольдера по трубам к месту его потребления, то часть противовесов снимают, и тогда опускающийся вниз колокол давит на газ с большей или меньшей силой, заставляя его течь к газовым горелкам или топкам.

Итак, после выделения из угля горючих углеводородов в реторте остается кокс, почти чистый углерод, за отсутствием водорода не могущий уже больше дать горючих газообразных углеводородов.

И вот возникает грандиозная идея: нельзя ли и этот оставшийся в реторте кокс использовать для образования новых количеств горючего газа. Практически блестящее решение вопроса было дано в 1780 году Фонтаной, направившим на раскаленный кокс струю водяных паров. При этом происходит следующее: в присутствии раскаленных углей водяной пар расщепляется на кислород и водород. Последний образует с углеродом углей газообраз-

ные углеводороды, а кислород также соединяется с углеродом, образуя, в свою очередь, горючую окись углерода. Так получается газ, носящий название водяного газа. Из воды и раскаленных углей получается горючий газ. Вода, обладающая свойством тушить пламя, казалось бы, не может участвовать в образовании горючего вещества, а между тем это так. Значительно усовершенствовал получение водяного газа американец Даусон в 1883 г., заменив водяной пар смесью воздуха и перегретого пара. Водяной газ, содержащий свыше 20% окиси углерода, чрезвычайно ядовит, — ведь мы знаем, что ничтожной примеси этого „угарного газа“ к вдыхаемому человеком воздуху достаточно, чтобы вызвать тяжелую картину отравления и даже смерть. Поэтому малейшая дырочка или трещина в трубе или малейшая неисправность какого нибудь крана могут вызвать массовое отравление рабочих.

Тут же уместно будет упомянуть и про горючие свойства газов, выделяющихся из доменных печей. Еще в 1809 году Оберто пользовался этими газами для обжигания извести. Доменные газы содержат до 30% окиси углерода и водорода, способных к дальнейшему сгоранию. При выплавке чугуна эти газы прежде выпускались в воздух, и их теплотворные свойства оставались неиспользованными; теперь же газы эти по особым трубам направляют в топки паровых котлов, где они и сгорают, сберегая таким образом довольно значительные количества угля.

Закончим эту главу о горючих веществах указанием на то, что современной технике удалось превратить в газ целый ряд негазообразных углеводородов, как бензин, бензол и др., и использовать их для целей освещения отдельных зданий. Теоретически каждое тело, содержащее углеводород или водород, может считаться горючим веществом. С этой точки зрения к горючим веществам должны быть отнесены и такие вещества, как рыбий жир, жир животных, чистый водород и т. д., практически же применение этих веществ в качестве горючих материалов чрезвычайно ограничено.

II.

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛА.

В этой главе нам предстоит говорить о способах получения тепла, — иными словами, о приспособлениях для сжигания топлива. Чтобы понять действие современных печей, котлов и т. п., нам надо мысленно обратиться к той далекой от нас доисторической эпохе, когда пещерный человек по праву считал свой костер универсальным средством, так как огонь его костра заменял ему лампу, печь и очаг для приготовления пищи. В те времена человек умел лишь печь и жарить на огне, искусство же варки появилось значительно позже. Кусок мяса убитого животного просто

натыкался на палку и вращался над огнем простого костра, — мясо жарилось в собственном соку. Проходят века, и появляется новшество: огонь разводится в глубокой трещине скалы или в яме, при чем на раскаленные огнем дрова кладутся небольшие камни. Теперь можно иным способом жарить мясо: кусок мяса заворачивают в ароматные листья, с помощью палок извлекают из огня часть раскаленных камней, в образовавшееся углубление кладут мясо, покрывают его только-что вынутыми горячими камнями, и все это в заключение прикрывают землей; этот метод еще и в настоящее время практикуется многими дикими племенами, при чем, по сообщениям различных путешественников, получается очень вкусное жаркое.

Что же здесь нового с точки зрения техники? Во-первых, здесь как бы выделено особое пространство для огня, а, во-вторых, мясо жарится не на самом пламени, не непосредственным теплом огня, а теплотой промежуточного носителя — камней. Надо отметить еще одно важное обстоятельство: огонь, горевший в глубокой яме, уже не мог служить для освещения человеческого жилья. И вот уже здесь впервые начинается проводиться различие между огнем для освещения жилья и огнем домашнего очага, где готовится пища. Теперь уже жилье человека освещается зажженной лучиной, огонь очага уже имеет свое строго определенное назначение.

Время шло, техника совершенствовалась, и человек научился обжигать глину и изготавливать из нее горшки. Для изготовления глиняного горшка требовался уже другой огонь: огонь пришлось сверху замкнуть, а снизу устроить воздушные каналы для тяги и в результате получился закрытый очаг. Тяга в таком очаге была естественная, в искусственной тяге пока еще не было надобности. Ведь с помощью большого костра удавалось получать температуру до 900 градусов, а при такой температуре можно было плавить медь и бронзу.

Наступает железный век. Первое железо было, вероятно, получено случайно из так называемого дернового железа, куски которого могли находиться близ самой поверхности земли и случайно попасть при сильном ветре в пламя большого костра. Когда же человек захотел добыть большие количества этого полезного металла, то он должен был убедиться в том, что температуры обыкновенного костра уже недостаточно для этого и что нужно устроить искусственную тягу воздуха для усиления горения и увеличения температуры пламени. Таким вот путем и возникла третья форма огня — огонь для промышленных, производственных целей. Еще и теперь мы находим у индусских кузнецов глиняные горшки с раскаленными углями, при чем в эти горшки через особые трубки из козьих шкур с силой вдвигается струя воздуха. Тот же, в сущности, принцип находит себе применение и в современной гигантской доменной печи, и в искусно устроенной топке печи для плавки стекла.

Современная техника выработала множество конструкций и приспособлений для сжигания топлива. Ко всем этим конструкциям должно быть предъявлено чрезвычайно важное требование, а именно: возможно полное сгорание топлива. При неполном сгорании топлива пропадает масса углерода в форме сажи и газообразных углеводородов, и если это мало заботило пещерного человека, то современная промышленность не может не гнаться за экономией горючего материала. При полном сгорании топлива содержащийся в топливе водород превращается в водяной пар, а углерод горючего материала образует углекислоту. Таким образом, для возможности полного сгорания необходим доступ в топку достаточного количества воздуха.

Теоретически можно точно вычислить, какое количество воздуха можно ввести в топку для полного сгорания любых количеств топлива, но практически не весь кислород воздуха, проходящего через пламя топки, вступает в соединение с углеродом: некоторая его часть целиком выходит из топки, не вступая в химическое соединение. Поэтому для получения полного сгорания необходимо теоретически вычисленное количество воздуха увеличить (практически в 2 раза) и с этим сообразовать размеры ходов, поддувала и проч. Между прочим, если в топку поступает слишком большое количество воздуха, то мы получим значительное охлаждение пламени, что, конечно, также невыгодно.

В старинном костре ничем не связанное пламя свободно поднимается вверх, и к пламени со всех сторон подходит наружный воздух. В настоящее время мы замыкаем пламя в печах и топках, даем ему лишь то количество воздуха, какое необходимо для полного сгорания, но зато мы в состоянии полнее использовать теплоту пламени для промышленных и иных целей.

К приспособлениям для сжигания топлива мы предъявляем еще требование безопасности в пожарном отношении и в отношении взрыва; кроме того, в обслуживаемые печами помещения не должны проникать вредные, ядовитые или дурно пахнущие газы. Последнее требование, имеющее громадное гигиеническое значение, не всегда, к сожалению, удовлетворяется, — особенно часто это наблюдается не в заводских, а в комнатных печах.

Вообще нужно сказать, что заводская техника создала весьма совершенные конструкции печей, чего нельзя сказать о так называемой технике повседневной жизни. В среднем заводские печи раз в десять экономичнее наших комнатных; объясняется это отчасти правильным расчетом количества впускаемого в печь воздуха, отчасти более полным отнятием тепла от продуктов, получающихся при сжигании топлива, но главным образом тем, что в заводских печах сжигаются огромные количества топлива, по сравнению с которыми та часть топлива, которая затрачивается на нагревание топки, дымовых ходов и других частей печи, является ничтожной величиной, в малых же печах эта часть пред-

ставляет относительно довольно заметную величину. Коэффициент полезного действия котельных топок крупного океанского парохода, в которых ежечасно сжигается до 300 пудов каменного угля, будет поэтому выше коэффициента полезного действия комнатной печи.

Рассмотрение способов отопления начнем с камина (рис. 10а). Как бы красива ни была внешняя отделка камина, каким бы поэтическим ореолом ни окружала его старая романтика, в техническом отношении камин чрезвычайно нерационален, как и первобытный доисторический очаг, с которым он имеет громадное сходство по существу. Сжигая дрова в камине, мы пользуемся



Рис. 10а.

лишь той теплотой, которая излучается пламенем, большая же часть тепла в форме дымовых газов без всякой для нас пользы уходит в атмосферу. Средневековые рыцари в своих холодных замках грелись у камина, но стоило им отойти немного от него, и они снова мерзли.

Первым шагом вперед в технике отопления явилась замена камина домашней печью для нагревания воздуха жилищ и для приготовления пищи. С этой целью огонь камина стали замыкать в своего рода глиняный ящик и заставляли дымовые газы проходить ряд каналов, окруженных плохими проводниками тепла.

Таким образом этот глиняный дом, в котором сжигалось топливо, являлся как бы собирателем тепла, медленно отдававшего его им в комнатный воздух. Первые печи появились на холодном севере, и так как они выполняли свое назначение гораздо лучше каминов, то они скоро распространились почти повсеместно. Стремление человека к художественности разукрасило в эпоху Возрождения комнатную глиняную печь изразцами, и такая изразцовая печь (рис. 11), действительно, являлась украшением комнат.

С течением времени глина, изразцы и кирпич стали заменяться железом, при чем железная печь по сравнению с кафельной имеет свои достоинства и недостатки. Главным недостатком железной печи является то, что раскаленное железо пропускает

образующуюся при горении ядовитую окись углерода, и поэтому необходимо избегать накаливания железной печи докрасна. Кафельная печь нагревается очень медленно, железная же печь начинает обогревать комнату уже через несколько минут, но зато железная печь очень скоро по прекращении горения остывает, тогда как кафельная долго удерживает тепло, равномерно отдавая его комнатному воздуху. Если железная печь во многих местах вытесняет кафельную, то это объясняется тем, что последняя совершенно незаслуженно пользуется славой пожирателя угля. Ведь стоит только приделать к кафельной печи герметически закрывающиеся дверцы и проследить за тем, чтобы через какую-нибудь порой малозаметную щель в глине внутрь печи не попадал холодный воздух, и тем самым будет положен конец этим неосновательным жалобам.

Как в кафельной печи кирпич, так в железной печи железо являются лишь передатчиками, временными носителями тепла. По этому же принципу, в сущности, происходит нагревание земли солнцем.

Как известно, теплота бывает двоякого рода: лучистая и проведенная. Если подвесить на чем-нибудь раскаленный железный шар, то теплота последнего путем проведения сообщается окружающему его воздуху, который, нагреваясь, поднимается в виде теплого столба вверх. Если тот же шар подвесить в абсолютно безвоздушном пространстве, то, за отсутствием в последнем материальных атомов воздуха, такого поднимающегося вверх воздушного течения, конечно, не получится. Значит, наше солнце, этот огромный раскаленный шар, находящийся в безвоздушном мировом пространстве, не может отдавать свою теплоту путем проведения, и если все же от солнца исходят огромные количества тепла, то объяснение этому нужно искать в существовании лучистой теплоты. Последняя является выражением колебаний наполняющего мировое пространство светового эфира, при чем колебания эти распространяются прямолинейно в форме лучей во все стороны со скоростью распространения света. Воздух не пре-

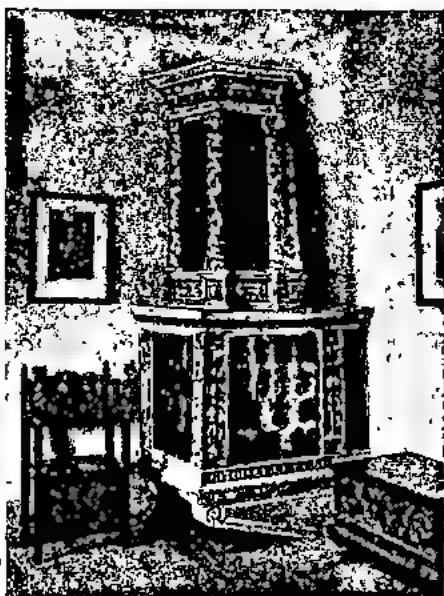


Рис. 11.

пятствует их распространению, ибо он свободно пропускает лучистую теплоту, и только когда эти тепловые лучи упадут на какое-нибудь твердое тело, то молекулы последнего вовлекаются в тот же вихрь колебательных движений, твердое тело нагревается, и его теплота путем проведения может быть передана окружающему воздуху. Таким образом, когда солнечные лучи, растопив зимний снег, начинают пригревать землю, то теплота земли путем проведения начинает передаваться воздуху — и на земле наступает весна.

В кафельной печи мы находим применение того же принципа: если открытый огонь камина почти не нагревает воздуха комнаты, а лучистой своей теплотой нагревает лишь обращенную к нему поверхность нашего тела, то в кафельной печи уже вся теплота огня переносится на твердые тела (кирпич, глину), от коих и происходит нагревание комнатного воздуха.

Передачиками тепла в указанном только-что смысле, кроме кирпича, глины и железа, могут также являться вода, воздух и водяной пар, и здесь мы также найдем пример того, как человек подражает природе. Известно, что теплое морское течение Гольфштрем прекрасно обогревает северо-западные берега Европы. Известно, что теплый южный ветер иногда в несколько часов превращает зиму в весну. И вот, как бы в подражание этим явлениям природы, техника и создала воздушное, водяное и паровое отопление. Мы подошли к системе центрального отопления.

Центральным такое отопление называется потому, что при нем устраивается общий очаг, теплота, полученная в этом общем очаге, служит для нагревания комнат целого дома или даже нескольких домов. Между прочим, когда замена угольных нитей в лампочках накаливания металлическими вызвала на первых порах уменьшение количества электрической энергии, потребляемой абонентами электрических станций, то владельцы этих станций в Америке, не желая сокращать свое производство и уменьшать число паровых котлов, с успехом и выгодой для себя стали утилизировать свои котлы для отопления целого ряда соседних зданий.

Центральное отопление бывает воздушным, водяным, паровым и пароводяным. Самым древним видом воздушного отопления является отопление в римских термах — общественных банях. Странно, конечно, что родиной этого идеального способа центрального отопления явилась Италия, эта классическая страна жаровен, плохо закрывающихся окон и дверей и плохо устроенных печей. Но мы здесь имеем факт, подтвержденный раскопками в Помпее и Геркулануме. На рис. 12 мы видим отопление старой ратуши в Люнебурге в XIII веке; здесь изображен зал заседаний совета; внизу под полом были устроены три печи (d), из которых по каналам нагретый воздух поднимался вверх, причем особой задвижкой можно было регулировать поступление теплого воздуха. Если кто-либо из именитых мужей, засе-

давших в совете, начинал чувствовать холод, то он просто приоткрывал отверстие канала и таким путем согревался.

На рисунке буквою *а* обозначен дымовой ход, а буквою *д* — помещения для склада дров, которые, помещаясь рядом с печью,

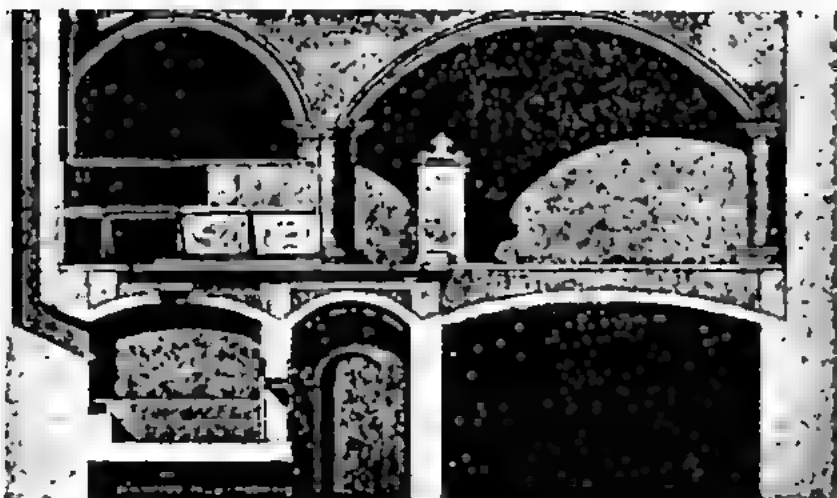


Рис. 12

всегда были сухими. Современная печь для центрального воздушного отопления изображена на рис. 13; при этой системе получается наилучшая циркуляция горячего воздуха. В последнее время для воздушного отопления стали применять железные печи, отапливаемые большими керосиновыми лампами (рис. 14), при чем вредные продукты горения отводятся в трубу, а не смешивающийся с ним воздух, нагретый в печи, выходит через отверстие в верхней ее части. Огромным недостатком воздушного отопления является сухость воздуха; ослабить это крайне нежелательное явление можно путем установки в местах выхода горячего воздуха в комнаты особых аппаратов для увлажнения воздуха.

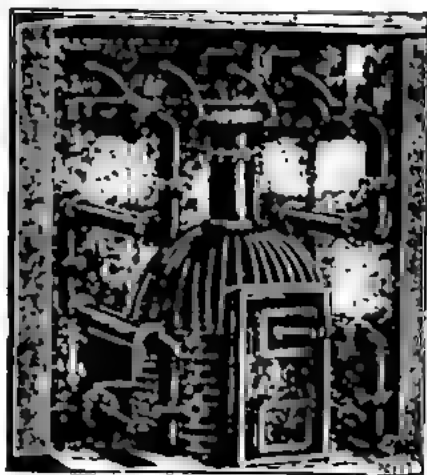


Рис. 13

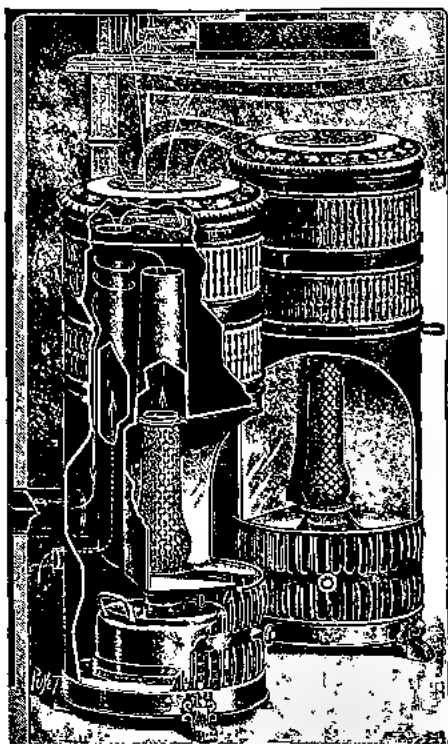


Рис. 14.

специальный паровой котел; так как температура воды не бывает при этом выше 100° , то котел может быть заменен простым кухонным очагом (рис. 15). При центральном водяном отоплении среднего давления (до трех атмосфер) температура воды достигает 130° ,

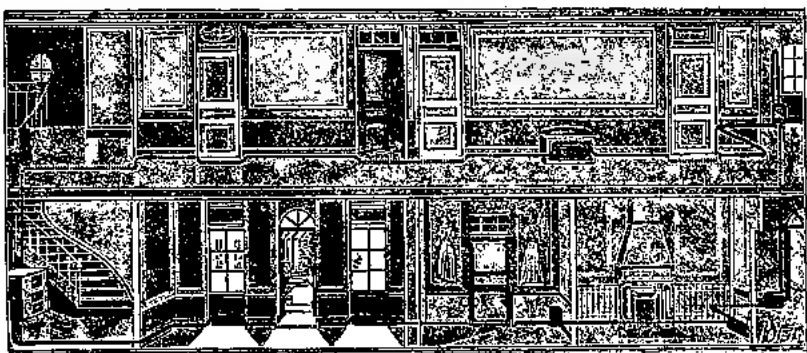


Рис. 15.

Нагревание помещений с помощью циркулирующей по трубам теплой воды впервые применено было в 1716 г. шведом Тресвальдом, устроившим такое отопление в своей оранжерее; с 1820 г. эта система отопления стала устраиваться в жилых зда-
ниях.

Где-нибудь в подвале устанавливается паровой котел, по трубам нагретая вода разносится по комнатам, где имеются радиаторы, нагреваемые проходящей по ним водой. После того как вода отдала радиаторам, этим, собственно, обогревателям, всю заключающуюся в ней теплоту, она опять попадает в котел, где снова нагревается. Различают водяное отопление низкого, среднего и высокого давления. При водяном отоплении низкого давления нет надобности устраивать

при чем горячая вода поступает в закрытый бак, устанавливаемый на чердаке, откуда самотеком проходит по трубам последовательно все этажи здания и возвращается в котел. С 1831 года в Англии, по предложению Перкинса, стали устраивать центральное водяное отопление высокого давления—до 5 атмосфер и при температуре до 150° ; движение нагретой воды из змеевика по трубам вверх объясняется уменьшением удельного веса воды, при чем холодная вода из труб радиаторов проталкивается вниз по направлению к змеевику.¹

Водяное отопление представляет значительные выгоды по сравнению с отоплением печами. В то время как при сжигании топлива в печах мы извлекаем для целей отопления лишь 35—40% общего числа заключающихся в топливе калорий, коэффициент полезного действия центрального водяного отопления достигает 60% и больше.

Что касается центрального парового отопления, то в общем устройство его такое же, но здесь в трубах и радиаторах циркулирует не вода, а пар; для превращения в пар воды, нагретой до 100° , необходимо воде сообщить еще 537 калорий, при чем это количество тепла выделяется при обратном сгущении пара в воду. При движении пара по трубам и радиаторам происходит охлаждение, соответственное уменьшению давления и сгущение пара, в виду чего и при паровом отоплении в котел возвращается теплая вода.

Лучшей системой центрального отопления является пароводяное. При этой системе комнатный воздух нагревается радиаторами, внутри которых содержится вода, но вода в этих радиаторах нагревается внутренними трубами парового отопления.

Существует еще отопление с помощью комнатных электрических печей. Широкому распространению этого способа отопления главным образом препятствует высокая цена электрического тока. Вычислено, что тепло, покупаемое нами на станции в форме электрической энергии, обходится теперь в 25 раз дороже того тепла, которое дает нам каменный уголь. Это, конечно, неприменимо к большим заводским электрическим печам, которые, например, применяются в металлургических производствах для получения очень высоких температур. В Америке, где электрический ток обходится сравнительно недорого, встречаются отдельные „дома без дымоходов“, но и там такие здания являются довольно редкими исключениями.

Подводя итоги всему сказанному об отоплении, считаем нужным указать на то, что будущее принадлежит несомненно систе-

¹ Предварительно проверяется прочность соединения отдельных частей такой установки, для чего гидравлическим прессом нагнетают в трубы под большим давлением холодную воду.

мам отопления отдельных зданий центральными установками, обслуживающими сразу целые городские кварталы и районы. Экономическая и всяческая разруха, явившаяся результатом мировой войны, может лишь временно задержать осуществление этой простой и материально выгодной идеи.

Безостановочный прогресс техники вообще и техники отопления в частности не мог остаться без влияния и на устройство кухонного очага, а также на характер и форму кухонной посуды. Когда в XIX веке стало развиваться производство каменноугольного газа, то этим самым для техники создавалась возможность применять горючие свойства этого газа не только для освещения, но и для отопления. Газовые кухни представляют то преимущество, что при них экономится и труд и время на таскание топлива, на растапливание печи и проч.; достаточно повернуть кран газовой горелки, спичкой зажечь выходящий из нее газ, и мы сразу получаем пламя, теплота которого используется нами ровно столько времени, сколько это требуется для варки.

Для того, чтобы теплота пламени немедленно же передавалась стенкам кастрюль, сковород и т. д., газовые горелки устраиваются непосредственно под тем местом, куда ставится горшок или кастрюля. Далее, самое пламя можно увеличить или уменьшить, — это также представляет большое удобство. Благодаря всем этим преимуществам, газ для газовой плиты не обходится дороже дров и каменного угля. В последние годы для приготовления пищи стали пользоваться электрическим током. Последний может конкурировать с углем или газом лишь в том случае, если развиваемая электрическим током теплота используется по возможности полностью, т.-е., в данном случае, если вся эта теплота сообщается кушаньям. В соответствии с этим основным требованием и приходится конструировать кухонную посуду. Для устранения возможности выхода этой теплоты куда-нибудь в сторону, в окружающий воздух, кухонную посуду делают с двойными стенками. Накаливающиеся металлические провода расположены в пустом пространстве между обеими стенками, ближе к внутренней, при чем наружные стенки обкладываются асбестом или другим каким-нибудь изолирующим материалом, так что теплота, исходящая от нагретых проводов, имеет лишь один выход — через внутреннюю стенку в приготовляемое кушанье. Практика показала, что благодаря этому жидкость в кастрюле поглощает до 90 процентов развиваемого током количества теплоты. Столь высокого коэффициента полезного действия мы не имеем даже в газовой печи, и не удивительно, что в кухне электричество успешно конкурирует с газом.

Если подойти к изображенной на рис. 16 электрической кухне, то с первого взгляда трудно признать здесь кухню, потому что здесь не видно ни печки, ни огня. Вместо печи мы видим обыкновенный стол; пламени мы не можем видеть, потому что

накаливающиеся провода расположены внутри кастрюль между стенками двойного дна. К каждой кастрюле приделан обыкновенный штепсель для включения ее в ток, иногда мы можем встретить на прибитой к стене доске маленький рычаг, поворотом коего устанавливается большая или меньшая степень нагревания проводов, т.-е. быстрая или медленная варка пищи. Кроме электрических горшков, кастрюль, сковород и проч. мы имеем тарелко-согреватели, кофейники, чайники, простые подогреватели пищи, электрические утюги и проч. Во многих случаях для приготовления пищи не за чем даже ходить на кухню: где есть включение, там возможно сварить кофе, приготовить яичницу и проч. Итак, история костра пещерного человека постепенно через кухонный очаг ведет нас к электрической кухне, которая варит и жарит без очага и огня, при чем температура регулируется простым движением рычажка.

Когда мы зажигаем в поле костер, то мы замечаем над ним столб дыма и теплого воздуха, в то время как холодный воздух со всех сторон устремляется к пламени. И действительно, можно сказать, что пламя притягивает к себе ветер, который, в свою очередь, усиливает пламя. Воспринимать, чувствовать этот ветер можно во время какого-нибудь большого пожара. И когда мы замыкаем пламя в узкое пространство, мы тоже должны позаботиться о создании такой циркуляции теплого и холодного воздуха — иначе пламя потухнет. С этой целью и устраиваются дымовые трубы, — иными словами, помещая огонь в топке, мы замыкаем и нагретый воздушный столб в трубу.

Устройство такой трубы дает нам возможность значительно усилить тягу. Достаточно сказать, что выходящий из дымовых труб, высотой в 140 метров, дым имеет еще температуру до 150°C ; не будь этой трубы, воздух на столь большой высоте имел бы обыкновенную температуру. Этим и объясняется громадная тяга в высоких фабричных трубах. Дымоходы наших комнатных печей не за чем, конечно, выводить так высоко над крышей дома, для фабрик же и заводов требуется очень значительная тяга.

Читателю не безынтересно будет несколько ближе ознакомиться с фабричными трубами. Постройка труб должна вестись

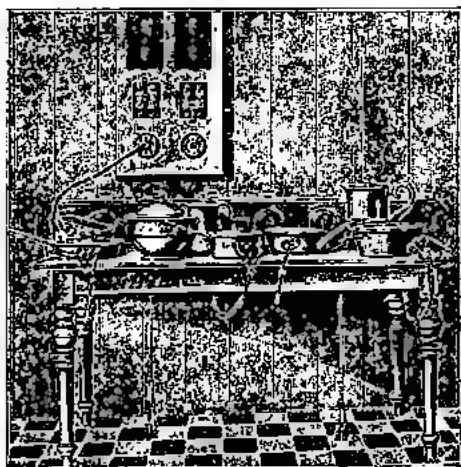


Рис. 16.

весьма тщательно, при чем внутри труба выкладывается на одну треть высоты огнеупорным кирпичом, и каждая такая высокая труба должна быть снабжена громоотводом. Так как небольшая сравнительно поверхность фундамента фабричных труб испытывает очень значительное давление, то фундамент приходится закладывать очень глубоко и делать его очень солидным. Оказывается, однако, что очень высокие трубы, как это было установлено в вестфальском угольном районе, не всегда сохраняют одно и то же положение в пространстве, при чем вертикальное положение труб при безветрии не изменяется, а при ветре отклонения вершины могут достигать 1 метра.

При постройке высоких фабричных труб мы не увидим никаких наружных лесов, а все работы производятся с помощью подвешенной платформы, которую рабочие берут с собой, поднимая ее по мере того, как подвигается работа. Если через дверь внизу войти внутрь такой трубы, то мы и днем можем увидеть на небе звезды: в наш глаз попадает очень мало отраженных лучей света, отчего видимый нами кусочек неба кажется нам освещенным чрезвычайно слабо.

Очистка таких труб от сажи производится не так, как в жилых зданиях. Туда трубочиста не пошлешь. Когда надо вычистить такую трубу, входят снизу внутрь и производят выстрел вверх из крупнокалиберного ружья, при чем от получающегося при выстреле сотрясения воздуха в трубе скопившаяся в ней сажа отстает от стен и густым черным облаком падает вниз.

Когда фабричная труба от времени приходит в негодность, то во избежание несчастных случаев она подлежит ломке, точнее говоря, валке. Это довольно трудная, но интересная техническая работа. Предварительно намечается направление, по которому труба должна упасть, затем разбирается соответствующая стенка цоколя, при чем стенка эта заменяется деревянными подпорками. Вокруг последних раскладывается костер, обливается керосином и зажигается. Минут через десять величественная труба начинает наклоняться и, распавшись на несколько больших кусков, падает по заранее вычисленному направлению (рис. 17).

Дымовые трубы представляют неизбежную принадлежность всех наших промышленных топок, а там, где по техническим соображениям нельзя устроить высокую трубу (например, в котлах локомотивов или при топках пароходов), приходится создавать искусственную тягу при помощи паровых поддувал, вентиляторов и проч. Во всяком случае, естественная тяга предпочтительнее.

Обращаясь к промышленным топкам, мы должны отметить, что качественно и количественно пока еще преобладают топки паровых котлов. Количество тепловой энергии, полученной в 1920 году в фабричных и заводских топках во всем цивилизо-

ванном мире, определяется статистиками в 150 миллионов киловатт-лет. Из этого количества 120 миллионов приходится на установки паровых машин, поглотивших при этом 500 миллионов тонн каменного угля. Понятно, что при таких огромных количествах потребляемого угля экономия хотя бы в один—два процента является весьма существенной, выражаясь в огромных денежных суммах.

Вполне понятно поэтому, что главные усовершенствования паровой машины со времени Уатта и Стефенсона сводятся к усовершенствованиям конструкции паровых котлов и их топков, так как только таким путем можно добиться экономии в расходе угля. Какие же конкретные задачи приходилось при этом решать? Во-первых, надо было стремиться к возможно более полному сжиганию угля, а во-вторых, надо было максимальную часть получающейся при этом теплоты сообщить воде котла. Для решения первой задачи пришлось усовершенствовать форму топки, для решения второй — самую конструкцию парового котла. Помимо этих основных требований надо было позаботиться о том, чтобы паровые котлы занимали возможно меньше места, имели не слишком большой вес и чтобы обслуживание котлов было по возможности проще.

Начнем с топки котла. В каждой топке мы имеем колосниковую решетку, на которой горит уголь, дверцу для бросания угля в топку, при чем открывать эту дверцу рекомендуется как можно меньше, и, наконец, под этой дверцей мы находим постоянно открытое отверстие, через которое наружный воздух через щели в колосниковой решетке идет к раскаленному углю. Известная часть образующегося при горении тепла попадает в форме лучистой теплоты на содержащие воду части котла, но главная масса тепла заключается в газообразных продуктах горения.

И вот тут-то и начинается борьба человека с природой. Человек заставляет эти горячие газы проходить через узкие или широкие трубки и отдавать воде котла возможно большее количество тепла, либо же эти горячие газы на своем пути встречают густую сеть трубок, содержащих воду, и таким путем происходит нагревание воды. Во всяком случае необходимо, чтобы путь, по которому движутся горячие газы, был достаточно длинным, и чтобы поверхность нагрева воды была по возможности большей.

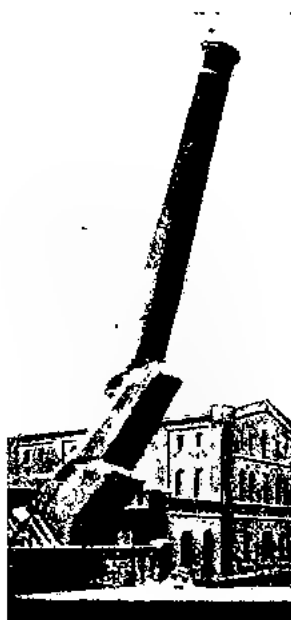


Рис. 17.

В каждой топке мы находим следующие части: огневое пространство, колосниковую решетку и зольник (пространство для золы). Позади решетки устраивается выступ из огнеупорной глины, так называемый топочный порог, служащий, с одной стороны, для того, чтобы зола не увлекалась струей горячих газов, а с другой — этот порог принудительно указывает газам их дальнейший путь. Этот последний в значительной мере зависит от устройства котла. Есть котлы, в которых газы из топочной коробки поступают в целый ряд тонких кипяtilьных трубок и лишь после этого уходят в дымовую трубу; есть котлы, где вместо нескольких десятков тонких трубок устроена одна или две „жаровые“ трубы, проходящие сквозь корпус всего котла. Первые котлы — это тип локомобильных, паровозных и пароходных котлов; котлы

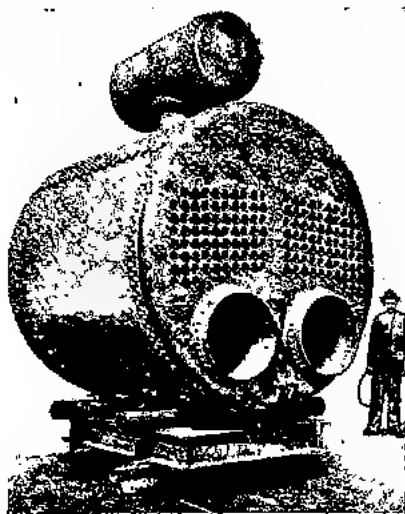


Рис. 18.

„водотрубного“ котла (изображены лишь трубы без внешнего кожуха котла). Эта хитроумная сеть труб, заключающих в себе воду и определенным образом изогнутых, омывается со всех сторон горячими газами топочного пространства. Преимущества водотрубных котлов заключаются в том, что в них гораздо скорее, чем в обыкновенных котлах, образуется пар, и к тому же опасность взрыва значительно меньше; наконец, и сила взрыва водотрубного котла не столь велика, что также имеет известное

значение.

Разруха, наступившая во всем мире после мировой войны, послужила для техники толчком к созданию котлов, в которых уголь мог бы быть заменен сравнительно малоценными сортами топлива (бурым углем, торфом и проч.). Результаты при этом получились

второго типа (так называемые корнваллийские и ланкаширские котлы) считаются теперь устаревшими и постепенно выходят из употребления. На рис. 18 изображен пароходный котел, в котором газы, пройдя большие жаровые трубы, заворачивают назад по тонким дымогарным трубкам и уходят отсюда в боковые дымоходы. Эти котлы отличаются большим количеством воды, подлежащей нагреванию; это, конечно, является большим недостатком и неудобством. Поэтому перешли к таким конструкциям котлов, в которых по трубкам проходят не горячие газообразные продукты горения, а вода. На рис. 19

и дается изображение такого

довольно хорошие, при чем и для такого менее ценного топлива техника придумала автоматическую загрузку с движущейся колосниковой решеткой.

Количество систем паровых котлов чрезвычайно велико, но при всех системах важна лишь конечная цель всякого котла: получить возможно большее количество пара от сжигания возможно меньшего количества угля. От более или менее хорошего котла в настоящее время требуется такое устройство, чтобы при сжигании в его топке 1 килограмма угля превращалось в пар в 8 раз большее количество воды. Кстати, исходя из такого отношения, читатель может представить себе, какие громадные массы воды испаряются в современных котлах: в котлах погибшего океанского

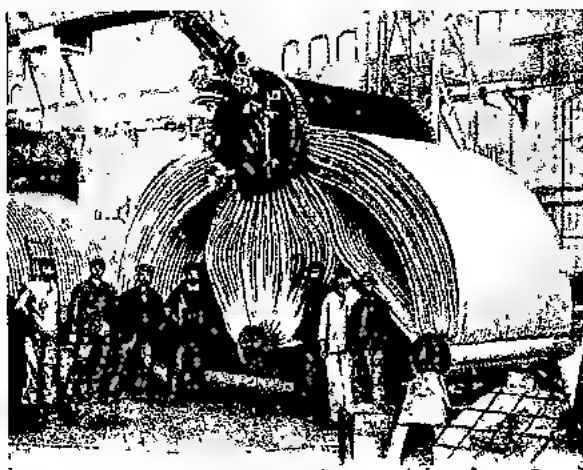


Рис. 19

парохода „Лузитания“ ежедневно испарялось 9600 кубических метров воды, — это составит почти целое озеро.

Коэффициент полезного действия современного котла составляет 60—70 процентов. Обслуживание котельных топок, производившееся до недавнего времени огромным штатом кочегаров (еще и теперь остались сотни тысяч кочегаров), теперь часто производится чисто автоматически, с помощью машин, подражающих движениям истопника, или с помощью бесконечной движущейся цепи, на которую падает уголь (рис. 20). При этом быстрота движения этой цепи рассчитана так, что уголь при движении внутри топки успевает целиком сгореть, а образовавшаяся зола падает близ топочного порога в зольник. При автоматическом забрасывании топлива можно избежать частых открываний топочной дверцы, вызывающих остывание топочного пространства.

Во многих случаях в топках котлов горит не уголь, а газообразное и жидкое топливо (нефть, мазут, дегтярное масло и пр.) Газообразное топливо мы встречаем на металлургических заводах: доменные газы, раньше уходившие без всякой пользы для человека в воздух, в настоящее время по тонким соплам отводятся в топки котлов, где, смешавшись с воздухом, сгорают в угольную кислоту и водяной пар, при чем полученная таким путем теплота идет на парообразование. При употреблении жидкого топлива (нефти, мазута), последнее вбрызгивается в топочное пространство, как это изображено на рис. 21, с помощью форсунок. При отоплении нефтью в топочном пространстве получается температура в 3000° . Как измеряются столь высокие температуры? Ртутный термометр годится только для измерения температур до 300° , так как уже при температуре в 350° ртуть кипит. Измерение более высоких температур производится несколькими друг друга дополняющими и контролирующими способами. Первый способ основан на различии

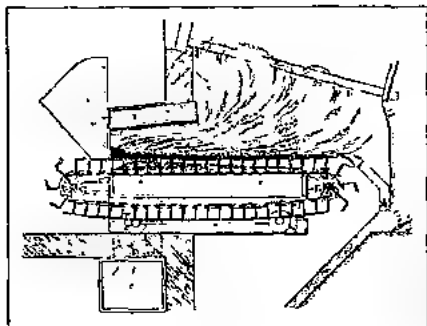


Рис. 20.

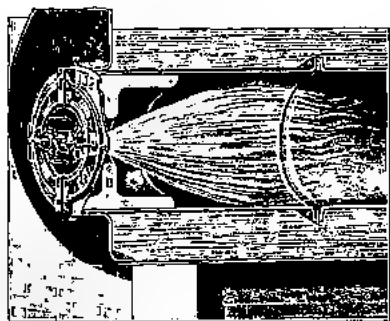


Рис. 21

коэффициентов расширения различных металлов. Если взять две прямые полоски различных металлов и спаять их плоскими сторонами, то при изменении температуры мы будем иметь уже не прямую полоску, а изогнутую, потому что один из этих металлов при повышении температуры увеличивается, например, лишь на $\frac{1}{100000}$ миллиметра, а другой на $\frac{1}{50000}$ миллиметра. По степени искривления мы можем точно судить о температуре, пользуясь для этого уже выработанной готовой скалой. Конечно, таким путем возможно измерение лишь таких температур, при которых еще не происходит плавления металлов. Следующий способ измерения высоких температур, это — способ термоэлектрический. Если спаять оба конца платиновой проволоки с концами иридиевой проволоки, то мы получаем термоэлемент, в котором ток возникает при нагревании какого-нибудь места соединения обоих металлов, при чем сила этого тока зависит от разности температур обоих мест соединения, спайки платины с иридием. О силе

тока мы можем судить по показаниям гальванометра. Пользуясь этим методом, можно составить шкалу для измерения температуры до 1600° . При дальнейших повышении температуры этот способ уже не годится, потому что при 1778° платина плавится. Тут нам приходится для измерения столь высоких температур пользоваться методом оптических измерений. Ведь нам здесь приходится иметь дело с температурами, при которых различные тела излучают ослепительно белый свет, и, рассматривая получающиеся спектры, мы можем с точностью определить температуру, потому что с изменением температуры меняется и характер спектра. Есть еще один способ, правда, не совсем точный, но все же дающий приблизительное представление о температуре печи. Зная температуру плавления разных металлов, мы на пробу вбрасываем в топку куски разных металлов, и если мы, например, замечаем, что железо плавится в топке, а платина, например, не плавится, то тем самым мы знаем, что температура в топке выше 1600° , но ниже 1778° .

В учении о теплоте большое значение имеет, как известно, так называемая единица тепла или калория. Под калорией мы понимаем то количество тепла, которое в состоянии нагреть 1 килограмм воды на 1° Цельсия. Если сообщить 1 килограмму воды, имеющей температуру 0° , 100 калорий, то мы получим воду, температура коей равна 100° Цельсия. Продолжая дальнейшее нагревание воды, мы убеждаемся, что температура воды попрежнему остается равной 100° , но при этом вода превращается в пар. Для превращения 1 килограмма воды с температурой в 100° Цельсия в 1 килограмм пара той же температуры, мы должны сообщить воде 540 калорий. Эти 540 калорий совершенно не улавливаются нашим термометром (отсюда и название скрытой теплоты). Таким образом, в нашем килограмме воды мы имеем уже не 100, а $100 + 540 = 640$ калорий; зная, что 1 килограмм каменного угля в хороших котлах превращает 8 килограммов воды с температурой в 0° в пар, мы находим, что из одного килограмма каменного угля нам удастся извлечь $8 \times 640 = 5120$ калорий; в таком случае мы использовали $\frac{5120}{7800} = \frac{65}{100}$ всего числа калорий, и мы в этом случае говорим, что коэффициент полезного действия нашего котла равен 65% .

В виду того, что котлы вовсе не предназначены для простого получения пара из воды при температуре 100° Цельсия, а главной целью всякого парового котла является получение такого пара, который в состоянии был бы производить нужную нам работу, то с этой целью над поверхностью воды в котле мы стараемся получить пар высокого давления. А для того, чтобы выдержать огромное давление пара (в современных котлах давление пара равно 12—15 атмосферам и выше), стенки котла должны отличаться особой прочностью. Ведь при 20 атмосферах давления пара

и при поверхности днища котла в 10 квадратных метров на это днище давит сила, равная 2 000 000 килограммов. Поэтому для постройки котлов выбираются лучшие сорта железа и стали, причем эти железные или стальные листы соединяются между собой путем склепывания. Тут же уместно будет сказать несколько слов о современных способах клепки. Очень трудный и медленный ручной способ заклепывания в настоящее время совершенно оставлен. Когда с помощью сверлильных машин в стальных листах уже высверлены отверстия для вставления заклепок и после того как на особых машинах этим листам придана желательная изогнутая форма, листы эти с помощью пнев-

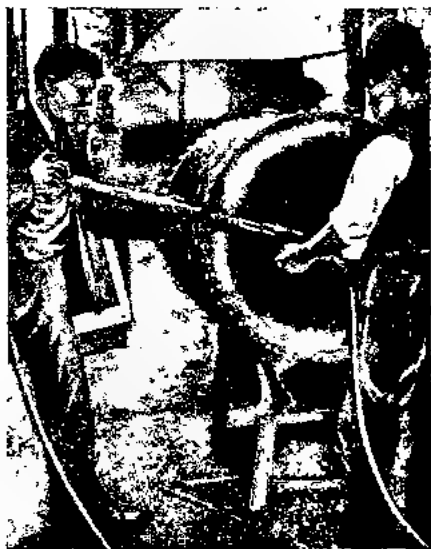


Рис. 22.

матических или гидравлических зажимов удерживаются неподвижно так, что отверстия в них совпадают вполне точно. Ловкими движениями рабочий вставляет в эти отверстия раскаленную докрасна заклепку, и, прежде чем последняя успевает остыть, пневматический молоток, ударяющий в заклепку с силой, равной многим тысячам фунтов, сжимает заклепку, одновременно придает ей обычную форму с двумя головками. Работает такой пневматический молоток (рис. 22) очень быстро, раскаленные заклепки одна за другим умелой рукой вставляются в отверстия, а молоток-пистолет тут же формует их. Когда оболочка котла готова, в него вставляются кипяtilьные трубы,

опять-таки с помощью гидравлических прессов.

В виду вышеуказанного огромного давления, оказываемого паром высокого напряжения на днища котла, последние во избежание взрыва скрепляются очень солидными анкерными болтами; необходимо также тщательно укрепить и цилиндрическую часть котла, на которую также давит напряженный пар внутри котла.

Во избежание взрывов необходимо бдительно следить за давлением пара внутри котла. Это давление мы определяем по показаниям манометра при помощи канала, соединенного с паровым пространством. Вдаваться в подробности устройства манометра мы здесь не считаем возможным, отметим лишь, что помимо манометра Бурдона с трубчатой пружиной существуют манометры с пластинчатой пружиной. Пар, отводимый из парового простран-

ства котла в манометр, давит на тонкую металлическую пластинку, в центре которой укреплен рычаг, и последний, поднимаясь вверх, через посредство небольшого зубчатого сектора передвигает стрелку манометра. Есть также манометры с электрической сигнализацией.

Давление пара внутри котла можно определить и без помощи манометра. Так как по мере увеличения давления пара повышается и его температура, и так как каждой температуре соответствует определенное давление пара, то, следовательно, манометр может быть с успехом заменен термометром. Еще французский физик Regnault целым рядом опытов установил связь, существующую между температурой пара и его давлением. При 100° Цельсия давление пара равно атмосферному, при 120° давление пара равно двум атмосферам, при 135° — трем атмосферам, при 144° — четырем, при 153° — пяти, при 160° — семи атмосферам и т. д.

Для того, чтобы обезопасить себя от взрыва парового котла, необходимо помимо постоянного наблюдения за давлением пара внутри котла следить еще и за тем, чтобы регулярно вводить в котел воду. Ведь если в котле нет воды, то части котла, прилегающие к топке, очень быстро могут нагреться докрасна; а при этих условиях давящий с большой силой пар легко может взорвать котел. Поэтому машинист должен знать в каждую минуту уровень воды в котле; для этого снаружи котла устроено так называемое водомерное стекло, при чем по закону сообщающихся сосудов уровень воды в вертикально стоящем водомерном стекле должен быть таким же, как и в котле.

Таковы средства, которые находятся в нашем распоряжении для предупреждения ужасных по своим последствиям взрывов котлов. Если тем не менее такие катастрофы все же случаются, то это надо приписать отчасти несовершенству человеческой работы вообще, но главным образом неправильному обслуживанию котла.

Нужно отметить, что установленный во всех государствах надзор за паровыми котлами значительно уменьшил число катастроф, при которых вырвавшийся на свободу пар, как бы мстя полонившему его человеку, в дикой ярости прокладывает себе дорогу, ломая и опрокидывая все преграды. В настоящее время взрывы котлов случаются весьма редко, хотя в сотнях тысяч котлов и бушует пламя, превращая воду в пар, ставший покорным слугой человека.

В течение многих сотен тысячелетий огонь являлся для человека источником тепла и света, и лишь каких-нибудь 150 лет назад он стал также источником работы. Покоренный нами пар заменяет нам теперь работу тех несчастных рабов, которые раньше изнурялись непосильной греблей на галерах или ноской тяжестей при постройке древне-египетских пирамид. Покорный нам пар освободил нас от непомерно тяжелых и грубых работ, дав нам

возможность развивать культуру, образованность и цивилизацию. С этой точки зрения, паровой котел может быть рассматриваем нами и как большая культурная сила, как средство для подъема культуры.

III.

ИСТОЧНИКИ СВЕТА.

Как мы уже видели из предыдущей главы, костер, горевший в пещерах первобытного человека в эпоху каменного века, одновременно служил и печью, и кухонным очагом, и лампой. Других источников света в то время не было. При свете этого костра наши отдаленные предки готовили свои несложные каменные орудия или занимались плетением сетей. Этим источником света люди пользовались столь долгое время, что влияние его до сих пор сказывается и на нас, — вернее говоря, на устройстве нашего органа зрения. В течение веков человеческий глаз настолько привык к красному и красно-желтому свету по вечерам, что мы бессознательно воспринимаем и теперь такой свет, как белый, а более желтый свет, например свет электрической дуговой лампы, кажется нам синеватым.

Наши отдаленные предки не могли не заметить, что смолистые ветки и сосновые палки, попадая в костер, давали более белое пламя. Этого наблюдения было достаточно для отделения источников света от источников тепла. Наш далекий предок втыкал сухую лучину в какую-нибудь щель своего незатейливого логовища, зажигал ее и тем искусственно удлинял день. Эту же лучину он позже перенес в свою деревянную хижину, куда он перебрался из пещер, при чем эта же лучина сохранилась и теперь во многих глухих углах СССР. Лучина горит спокойным, белым, ярким пламенем. Во многих старинных средневековых замках до сих пор можно встретить железные зажимы, куда вставлялись лучины, ярко освещавшие рыцарский зал. Хорошо горящая лучина в отношении силы света равна теперешним двадцати нормальным свечам. При двадцати лучинах рыцари могли освещать свой замок достаточно ярко, так как по силе света двадцать хороших лучин равны четыремстам нормальным свечам или средней электрической дуговой лампе. Конечно, неудобство освещения при помощи лучин заключается в том, что при большом числе горящих лучин требуется постоянное наблюдение целого штата слуг, во-время сменяющих быстро сгорающие лучины; кроме того, воздух помещения портится продуктами горения.

Не всегда, конечно, в распоряжении человека было достаточное количество сухих смолистых лучин, и вот человек придумывает новый способ освещения, — он изобретает факел, пропитываемый дегтем, смолой или жиром. Раскопками доказано существование факелов и в доисторическую эпоху, а именно: в жилищах

людей каменного века найдены остатки таких факелов. Факелы, как источник света, столь же мало пригодны, как и лучина, потому что и факел сравнительно скоро перестает гореть. Кем был проделан следующий шаг в развитии техники освещения, мы не знаем, мы знаем лишь, что этот прогресс проявился в создании масляной лампы. В глиняный горшочек с маслом опускали волокнистый фитиль и зажигали положенный на край сосуда конец фитиля; при этом получалось ровное белое пламя. Такие масляные лампы мы находим, например, у римлян. Первоначально в качестве фитиля служили волокна гречихи, тростника или других растений, но с течением времени эти растительные волокна были заменены тщательно сплетенными круглыми фитилями.

Немало художников и искусных мастеров трудились над изящной отделкой таких светильников, но никакие художественные украшения не в состоянии заставить эти светильники гореть ярко, и, конечно, в смысле яркости освещения светильник значительно уступает лучине. Силу света, даваемого такой масляной лампой, можно приравнять одной нормальной свече, тогда как горящая лучина дает 20 нормальных свечей. Поэтому в торжественных случаях употребляли так называемый лампадарий (рис. 23), являющийся также образцом художественной работы древних ювелиров.

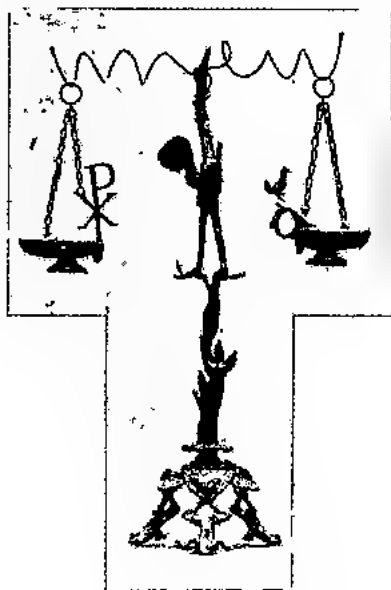


Рис. 23.

Так проходят века. В технике освещения не наблюдается никаких перемен почти в течение трех тысячелетий. И только в 1480 году гениальный Леонардо-да-Винчи предложил устроить над фитилем жестяную трубу. Последняя, конечно, предназначалась для усиления тяги и, следовательно, для увеличения яркости горения. Эта жестяная труба является как бы прообразом современного лампового стекла.

В 1550 году Кардан с целью усилить яркость горения поместил резервуар с маслом несколько выше пламени, так что масло должно было под известным давлением втекать в горелку. После этого проходит больше ста лет, в течение которых мы не можем отметить никакого прогресса в технике освещения. Попрежнему в хижинах бедняков горит сурепное масло, а княже-

ские хоромы и церкви освещаются дорогими восковыми свечами. Несмотря на довольно высокий уровень, достигнутый в это время техникой стекольного производства, только в 1756 г. парижскому аптекарю Квинке приходит счастливая мысль заменить жестяную трубу над светильней стеклянным цилиндром; впрочем, в лампе Квинке стеклянный цилиндр расположен еще над пламенем, и только Арганд, имя которого занимает почетное место в истории техники освещения, в 1789 году надумал совершенно закрыть пламя этим ламповым стеклом. Конечно, для доступа воздуха ему пришлось устроить отверстие ниже пламени в самой горелке.

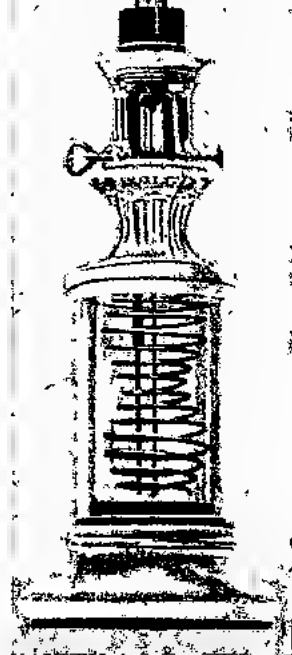


Рис. 24.

В 1780 году француз Карсель устроил лампу с часовым механизмом, равномерно проталкивающим сурепное масло через фитиль. Лампа Карселя вскоре была вытеснена другими системами, сохранившись лишь в маяках, горелки которых имеют от 10 до 12 дюймов в диаметре, давая очень яркое и сильное пламя.

Над усовершенствованием масляных ламп работал уже упомянутый швейцарец Арганд и француз Лежер, заменивший круглый фитиль плоским; соответственно этому для широкого лентообразного фитиля устраивалась широкая и узкая трубка. Это изобретение Лежера подняло технику освещения до уровня теперешней плохо горящей кухонной лампочки. Арганд пошел еще дальше: он свернул ленту фитиля в окружность, при чем снова получился круглый фитиль, но только не сплошной, а полый. Таким путем возникла горелка Арганда, сохранившаяся и в современных керосиновых лампах с фитилем.

Итак, усовершенствования лампы в XVIII веке сводятся к созданию лампы

с сурепным маслом и фитилем с аргандовской горелкой и стеклянным цилиндром. Фитиль поднимался и опускался с помощью всем известного винта. Такая лампа, конечно, хорошо вычищенная и с новым фитилем, освещала комнату с силой света почти в 10 нормальных свечей; недостаток этой лампы заключался в том, что в процессе горения пламя становилось все более и более тусклым. Тяжелое сурепное масло трудно поднималось по фитилю, и поэтому через короткое время приходилось уже чистить фитиль. Перед XIX веком и встала задача увеличить всасывательную силу фитиля. Мы уже упоминали о лампе Карселя, сконструированной еще в 1780 году, но гораздо лучше задача эта была

решена в 1836 году Франшотом, изобретшим лампу с модератором (рис. 24). Внутри резервуара устроена пружина, давящая на поршень, плавающий на масле, при чем поршень находится под пружинкой; давление поршня заставляет масло подниматься по идущей от дна сосуда тонкой трубке к фитилю и затем в горелку. Когда поршень находится высоко в резервуаре и когда, следовательно, давление на масло велико, масло быстро поднимается по трубке; при низком стоянии поршня давление меньше, и масло течет по трубке медленно. Во избежание неравномерного горения лампа снабжена особым игольчатым клапаном или так называемым модератором, который, двигаясь в просвет трубки на большую или меньшую глубину, регулирует ток масла в трубке.

Лампа Франшота получила широкое распространение, и, действительно, она является одной из лучших конструкций лампы, в которой горит тяжелое масло. Она давала ровный мягкий свет и стоила сравнительно дешевле лампы Карселя; между прочим об этой лампе Франшота мы можем читать в романах сороковых годов прошлого века. Кроме нее на рынке можно было встретить довольно много других конструкций, но останавливаться на них мы за недостатком места не имеем возможности. До 50-х годов прошлого столетия мы не можем указать каких-либо существенных усовершенствований масляных ламп. Достоин упоминания лишь изобретение Франкенштейном в 1848 году кружка, который устанавливается над фитилем и благодаря которому получается широкое пламя. Эру в технике освещения составляет 1855 г., — в этом году американский химик Силлиман сконструировал первую керосиновую лампу, дававшую белый яркий свет.

Правда, радость людей по поводу открытия такого удобного осветительного материала омрачалась довольно частыми в первое время взрывами и воспламенениями. Объясняется это тем, что в первое время наливали в лампу не очищенный керосин, а нефть, которая заключает в себе легко воспламеняющийся бензин. Нужно еще удивляться тому, что число таких несчастных случаев было сравнительно невелико.

Техника керосинового освещения прочно стала на ноги лишь тогда, когда путем нагревания нефти в больших железных баках удалось отдельно получить из нефти все ее составные части: бензин, керосин, смазочные масла, густой мазут и проч. С этих пор потребителями керосина для целей освещения являются широкие массы; керосиновая лампа проникла даже в жилища африканских и азиатских народов, в хижины лапландцев и самоедов, где она с успехом конкурирует с лампой, в которой горит ворвань.

В XX веке в технике керосинового освещения произошел огромный переворот, связанный с именем Ауэра, введшего совершенно новый принцип получения света. Появляются так называемые керосино-калильные лампы, в которых сгорающие в пламени частицы керосина предназначены не столько для образования ярко светя-

щего пламени, сколько для образования пламени с высокой температурой: в этом-то горячем пламени и происходит накаливание смеси окиси церия и тория. Об этих калильных колпачках Ауэра у нас еще будет речь впереди, здесь же пока отметим, что керосино-калильная лампа Ауэра, в которой горит смесь паров керосина и воздуха, значительно превосходит другие конструкции керосиновых ламп: так, расход керосина в лампе „Брама“, дающей силу света в 200 нормальных свечей, составляет в час немного меньше $\frac{1}{10}$ литра.

В центральных государствах Европы мировая война вызвала керосиновый голод из-за сокращения ввоза американского керосина, и этот кризис послужил толчком к замене керосинового освещения газовым или электрическим; надо думать, что в тех сотнях тысяч германских жилищ, где такая замена произошла, возврат к керосину вряд ли уже возможен. Прежде чем перейти к рассмотрению истории свечи, отметим лишь, что принцип калильного освещения, предложенный Ауэром, применим не только к керосину, но и к бензину, бензолу и к спирту. И, действительно, на ряду с керосино-калильными лампами мы в настоящее время имеем спирто-калильные, бензоло-калильные и т. д. лампы.

Как мы уже видели, первобытная лучина уже очень давно вызвала появление факела. Последний в свою очередь проделал характерную эволюцию, превратившись в свечу: уже в эпоху первых христиан римские катакомбы освещались свечами. Первоначально смолистые пучки заменены были пеньковыми прядями, пропитанными воском; эта прядь становилась с течением времени все тоньше, превратившись в фитиль, а облеплявший этот фитиль воск или жир образовал самую толщу свечи. В средние века в церквях сжигались огромные количества свечей: так, во времена Лютера в виттенбергском храме ежегодно сгорало 35 750 фунтов восковых свечей. Это давало церкви порядочный доход. Народ же, для которого восковые свечи были недоступной роскошью, мог проводить вечера лишь при тусклом свете сальной свечи. После реформации количество восковых свечей, горевших в храмах, уменьшилось, зато возросло их число в чертогах князей и графов. Так, во время одного придворного праздника в Дрездене при Августе Сильном сожжено было 14 000 восковых свечей. Так как воск ценился всегда выше сала, то уже со времени раннего средневековья случается фальсификация восковых свечей путем прибавления к воску большего или меньшего количества сала. Сальная свеча значительно уступает восковой, давая не столь ровный свет и вследствие стекания сала быстрее сгорая. К тому же, сальная свеча требует довольно частого снятия нагара с фитиля. Однако сальная свеча долгое время являлась единственным источником освещения для небогатых людей, и в средние века цех ремесленников, занятых изготовлением свечей, пользовался большим влиянием.

До начала XIX века свечи изготовлялись либо из воска, либо из сала, и только в 1818 году Симонен и Манжо в Париже изобрели стеарин, из которого можно было уже изготовить твердую свечу. Так как и в стеариновой свече фитиль расположен внутри пламени, то он из-за недостаточного притока воздуха не сгорает целиком, и на конце фитиля отлагаются частицы сажи в форме толстого слоя нагара, который приходилось довольно часто снимать ножницами. В 1834 году Камбасерес стал применять вместо простой нити плетеный фитиль, который при сгорании свечи изгибался к краю пламени, где и сгорал целиком, сделав излишними ножницы для снятия нагара. Еще в 1825 году Шеврель и Гей-Люссак взяли патент на изготовление свечей из стеариновой кислоты; практического применения их изобретение не могло получить из-за того, что способ получения стеариновой кислоты путем омыления стеарина калийными и натронными солями обходился слишком дорого. В 1834 году Адольфу Милли удалось омылением жиров с помощью извести и последующим прибавлением серной кислоты проще и дешевле добыть стеариновую кислоту.

С этих пор свечи из стеариновой кислоты, в общепринятой ошибочно называемые стеариновыми, стали довольно широко распространенным источником освещения.

Дальнейшие усовершенствования производства свечей сводятся к погружению фитиля в солевой раствор, к прибавлению к стеариновой кислоте парафина с целью не допустить кристаллизации стеариновой кислоты и, наконец, к замене последней другими более дешевыми жирными кислотами (олеариновой, пальмитиновой и др.). Самая техника свечного производства также претерпела существенные изменения. Как видно на рис. 25, изображающем производство так называемых маканых свечей в XVIII веке, фитиль многократно погружался в растопленное сало и при этом каждый раз покрывался все более толстым слоем сала. Это была довольно трудная и кропотливая работа. Были и другие свечи, так называемые литые. Для их изготовления применялись оловянные формы, в середину которых вставляли фитиль и затем вливали растопленный горючий материал. В 1830 году появились парафи-

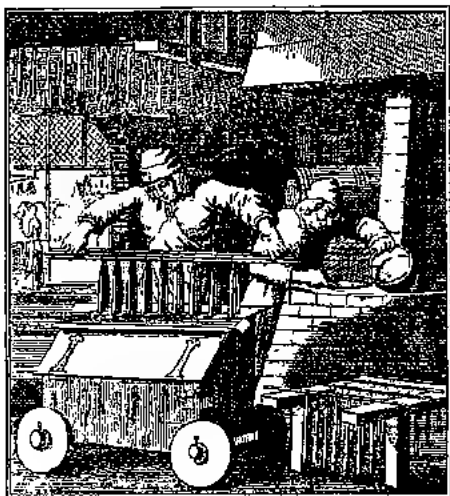


Рис. 25.

новые свечи; они получили довольно широкое распространение благодаря способности парафина окрашиваться различными красящими веществами. Такие многоцветные свечи употреблялись между прочим до последнего времени при освещении рождественских елок. Когда в качестве материала для изготовления свечей стали употреблять стеарин, то старые методы — маканье и литье — были оставлены и заменены прессованием в холодном состоянии, что значительно увеличило продуктивность работы. Рис. 26 дает на-

глядное представление о дневной производительности труда в свечном производстве раньше и теперь.

При сравнительной оценке различных источников света, свеча образует масштаб для всех наших измерений силы света, являясь самой малой практической световой единицей. Пламя стеариновой свечи, горящей в неподвижном воздухе и обладающей при обычной форме весом в четверть фунта, как-раз и дает ту силу света, которую мы называем нормальной свечой или свечой Гейфнера.

Техника освещения неразрывно связана с учением об измерении силы света, или фотометрией. Последняя очень мало, конечно, занимала наших далеких предков, да и вплоть до XIX века никто не интересовался вопросом об измерении яркости света. Лишь в 1827 г. французский физик Жан Клод Пекле опытным путем стал устанавливать зависимость между яркостью света и расходом горючего материала, а в настоящее время вся борьба, происходящая между различными систе-



Рис. 26.

мами освещения, и вертится вокруг так называемого коэффициента полезного действия. А определить этот коэффициент полезного действия невозможно, если не установлена нормальная единица освещения. За единицу силы света принимают так называемую нормальную свечу Гейфнера, которую можно характеризовать следующим образом: это есть пламя, горящее в чистом и спокойном воздухе, поднимающееся из горизонтального разреза массивного фитиля, пропитанного амилацетатом; фитиль целиком выполняет цилиндрическую трубку, просвет коей равен 8 мм при наружном диаметре в 8,3 мм и при высоте пламени в 40 мм.

Керосиновая лампа в среднем обладает силой света в 20—30 нормальных свечей, — иными словами, если бы мы вздумали освещать комнату не керосином, а стеариновыми свечами, то нам для получения той же степени освещения пришлось бы зажечь 30 свечей. Экономически это, конечно, невыгодно. Если в средние века сальная свеча могла так или иначе конкурировать с масляной лампой, не имевшей еще в то время стеклянного цилиндра, то современная керосиновая лампа в смысле экономичности далеко оставляет позади современную стеариновую свечу. Бедь при выборе источника света мы руководствуемся не только яркостью освещения, но главным образом материальными соображениями, и мы первым делом задаем вопрос, а во что обходится нам данный свет — вернее, во что обходится одна нормальная свеча в течение часа горения.

Конечно, большое значение имеет также другой момент — яркость света. Известно, что слишком яркий свет раздражает сетчатку нашего глаза, вызывая в нас чувство неприятного беспокойства. Вот почему мы в таких случаях стараемся ослабить силу света и прибегаем, например, к колпачкам из молочного стекла, абажурам и проч. Лампа с таким колпачком или абажуром, горящая у нас на столе, не ослепляет нашего глаза и создает приятное впечатление уюта, так как такой свет не дает теней и равномерно освещает поверхность стола, отражаясь от всей внутренней поверхности колпачка или абажура. Стоит нам снять абажур, и яркий свет, вызывающий сужение нашего зрачка, уже слабее освещает поверхность стола, потому что часть световых лучей направляется вверх, на потолок и в стороны; кроме того, свет теперь исходит уже не от большого колпачка или абажура, а от небольшого пламени, дающего за каждой книгой и за каждым вообще предметом на столе черную тень. Наш организм лучше всего себя чувствует при рассеянном свете, дающем мало тени, и притом для определенных работ требуется определенная степень поверхностного освещения.

Если мы имеем источник света силою в 1 нормальную свечу, и если мы на расстоянии одного метра от этого источника света поставим вертикально какую-нибудь белую поверхность, например, чертежную доску так, чтобы лучи света падали на доску перпендикулярно, то степень освещения такой доски представляет единицу освещения или один люкс. При замене одной нормальной свечи керосиновой лампой в 30 нормальных свечей мы получим освещение, равное 30 люксам; если отодвинуть лампу на 2 м от чертежной доски, то степень освещения уменьшится в четыре раза; если придвинуть лампу к доске так, чтобы расстояние между ними равнялось $\frac{1}{2}$ м, то мы получим $4 \times 30 = 120$ люксов. Итак, степень освещения обратно пропорциональна квадрату расстояния освещаемой поверхности от источника света. Когда мы вечером читаем или пишем, то мы обыкновенно ставим тридцатисвечную керосиновую лампу на расстоянии $\frac{3}{4}$ — 1 м от освещаемой поверхности; при этом

получается сила освещения в 50 — 30 люксов. При такой силе освещения нашему органу зрения не приходится напрягаться, и, следовательно, такое освещение отвечает потребностям организма. Наши прадеды, работавшие за столом при свете двух сальных свечек, должны были довольствоваться в 10 раз меньшим числом люксов, отчего, несомненно, страдало зрение.

Существуют особые аппараты для измерения силы освещения, называются они фотометрами. Самый старый и в то же время самый простой фотометр — это фотометр известного физика Бунзена. Масляное пятно на листе бумаги имеет различный вид при различных степенях освещения. Если положить такой лист бумаги на темный стол, то и пятно кажется нам темным; если через это пятно смотреть на освещенное окно, то пятно покажется нам значительно более светлым, даже светлее белой бумаги. Если одинаково осветить обе поверхности листа, то мы вовсе не увидим пятна. И вот, желая сравнить силу двух каких-нибудь источников света, мы ставим их по обе стороны листа на таких расстояниях от последнего, чтобы мы перестали различать пятно, т.-е. чтобы степень освещения пятна с обеих сторон была одинакова. Простым измерением расстояний источников света от листа бумаги можно в таком случае определить относительную силу света каждого из этих источников. Если, например, окажется, что нормальная свеча Гейфнера отстоит от пятна на 20 см, а керосиновая лампа на 100 см, то, значит, расстояния относятся как 1:5, а так как степень освещения обратно пропорциональна квадрату расстояния, то, следовательно, керосиновая лампа обладает силой света в 25 нормальных свечей.

Вернемся теперь к нашим источникам света и прежде всего к газу. Первоначально газ применялся главным образом для освещения улиц; здесь прежде всего заботились о получении дешевого и яркого пламени. Скоро этим новым способом освещения стала интересоваться и широкая публика, и газовое освещение стало прокладывать себе путь и в частные жилища. Первые установки газового освещения, дававшего до 30 нормальных свечей, казались нашим не столь далеким предкам чудом техники, потому что еще до 1825 года в их распоряжении были лишь архаические, неусовершенствованные масляные лампы. Вскоре и в газовом освещении стала применяться горелка, устроенная по принципу Арганда, при чем горение газа происходило по всей окружности горелки, а необходимый для горения воздух подходил к пламени из середины горелки. Над пламенем устанавливался стеклянный цилиндр, и при этом получался красивый равномерный свет, яркость которого могла быть доведена до 50 нормальных свечей на каждую горелку. До 80-х годов прошлого века газ применялся главным образом для освещения улиц, а также общественных зданий: концертных зал, школьных помещений и проч., частные же жилища освещались преимущественно керосином. При этом стоимость 100 нормальных

свечей в течение 100 часов или, иными словами, 10 000 нормальных свечей-часов, составляла около 13 марок.

Но вот знаменитый Томас-Альва Эдисон изобретает электрическую лампочку накаливания, и начинается великая борьба между газом и электричеством, форменная война, длящаяся уже полтора поколения, при чем в этой войне нет еще ни победителя ни побежденного, а все крупные сражения являются лишь триумфом человеческого гения изобретательности. Борьба эта заслуживает того, чтобы остановить на ней внимание читателя.

Начало ее относится к эпохе Наполеона, когда английский физик Гемфри Дэви при материальной поддержке правительства получил в свое распоряжение очень сильную гальваническую батарею. С помощью этой батареи гальванических элементов Дэви удалось разложить целый ряд земель, доселе считавшихся неразложимыми, на новые металлы и кислород. В 1813 году Дэви соединил полюсы своей батареи с угольными палочками, сблизив их до соприкосновения, и, случайно снова отведя концы углей, получил ослепительно яркий свет, названный в честь другого физика, Вольта, вольтовой дугой. Впрочем, еще за 12 лет до Дэви явление вольтовой дуги описано русским ученым В. В. Петровым. Эта вольтова дуга долгие годы являлась лишь блестящим физическим опытом, и никому не могло притти в голову, что этой электрической световой дугой можно практически воспользоваться для целей освещения. Лишь в 1844 году французский физик Леон Фуко заменил мягкие древесные угольки твердыми палочками получающегося в реторте кокса. Такая замена, конечно, значительно увеличила время свечения вольтовой дуги, но все же при такой лампе всегда должен был находиться человек, который по мере сгорания угольных палочек регулировал бы расстояние между их концами. В 1848 году тот же Фуко вместе с Дюбоском сконструировал дуговую лампу с часовым механизмом, который по мере сгорания углей автоматически медленно сближал разошедшиеся концы углей; такими лампами они впервые осветили даже одну из площадей в Париже. Опыт этот не мог быть длительным в силу дороговизны, вызванной тем, что источником электрического тока попрежнему являлись гальванические батареи с дорого стоящим цинком, растворяющимся в серной кислоте. Не удивительно, что электрическая дуговая лампа Фуко не могла получить широкого распространения, и такая лампа применялась лишь в проекционных аппаратах и на некоторых французских маяках. Только с момента изобретения динамомашии и по мере их усовершенствования, стало практически возможно освещение дуговыми лампами.

В электрической световой дуге мы получили источник света неведомой раньше силы. Если самые большие масляные лампы, применявшиеся для освещения маяков, обладали силой максимум в триста нормальных свечей, то здесь от небольшой светящейся

точки, измеряемой несколькими квадратными миллиметрами, получалась сила света в несколько тысяч нормальных свечей. Но это-то обстоятельство, очень ценное для освещения маяков, служило помехой при пользования дуговыми лампами для освещения улиц, площадей и зданий. В этом случае требовалось большее число ламп, обладающих значительно меньшей силой света. Так возникает проблема деления электрического света.

Очень удачное решение этой проблемы было дано в 1876 г. русским электриком Павлом Яблочковым. „Свеча Яблочкова“ (рис. 27) состоит из двух угольных палочек *c* и *d*, расстояние между которыми равно 4 миллиметрам. Промежуток между этими угольными палочками наполнен непроводником электрического тока, например, каолином или гипсом; концы углей соединены очень тонкой угольной пластинкой *ab*, которая при пропускании электрического тока быстро плавится. Образующаяся после этого световая дуга расплавляет промежуточный изоляционный слой гипса или каолина, при чем оба угольных стерженька сгорают равномерно, и эта „свеча Яблочкова“ таким образом сама себя регулирует. Свечи Яблочкова требуют переменного тока, потому что при постоянном токе сгорание положительного уголька, на котором образуется кратеровидное углубление, происходит вдвое скорее по сравнению с заостряющимся отрицательным угольком.

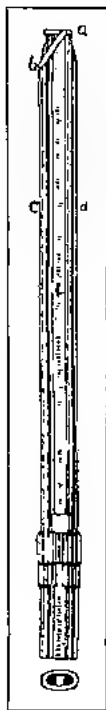


Рис. 27.

Но вот в 1879 году Гефнер-Альтенек иным путем подошел к решению задачи дробления электрического света. Он изобрел так называемую дифференциальную дуговую лампу, в которой расстояние между концами углей регулируется током, ответвляющимся в обмотку небольшого электромагнита. когда расстояние между концами углей возрастает, и когда вместе с этим возрастает сопротивление току, последний идет в обмотку электромагнита, стержень которого притягивает железную планку, соединенную с верхним углем, при чем в результате такого притяжения получается сближение разошедшихся концов углей. Такое устройство регулирующего аппарата в дифференциальной дуговой лампе Гефнера надо признать чрезвычайно удачным. Не удивительно, что лампа Гефнера вскоре вытеснила свечу Яблочкова и стала применяться для освещения улиц. Правда, для освещения жилищ такая дуговая лампа не годилась, так как сила ее света была чересчур велика.

Удачным решением проблемы дробления электрического света мы обязаны Томасу-Альве Эдисону. Уже давно было известно, что электричество может быть превращено в теплоту и свет, что

тонкие проволоки под действием электрического тока нагреваются до степени красного и даже белого каления. И вот Эдисон решил воспользоваться такими раскаленными проволоками и нитями для целей освещения, но так как металлы быстро плавятся, то он заменил металлические нити угольными. Для того, чтобы такие угольные нити не сгорели, Эдисону пришлось изолировать их от кислорода воздуха; с этой целью он поместил эту известным образом изогнутую нить в стеклянную грушу, из которой он выкачивал весь воздух. Так возникла электрическая лампочка накаливания, внешняя форма которой в общем сохранилась до наших дней. Такими лампочками накаливания Эдисон уже в 1879 году осветил пароход „Колумбию“, где им было установлено 115 лампочек с нитями из обугленных волокон бамбука. Каждая лампочка обладала силой света в 25 нормальных свечей, т. е. равнялась средней керосиновой лампе, не требуя в то же время никакого ухода: поворот выключателя — и лампа горит, еще поворот — и лампа гаснет.

С 1881 года лампочка Эдисона стала завоевывать мир, и ее появление означало, действительно, крупнейший успех в технике освещения. Проблема дробления электрического света была блестяще решена Эдисоном. Явилась возможность иметь лампочки силою света в одну — две свечи,^{*)} о чем не может быть и речи при дуговых лампах. Лампочками Эдисона можно было освещать и жилые помещения, при чем опасность такого освещения в смысле пожара весьма незначительна. По сравнению с ранее существовавшими способами освещения новое изобретение Эдисона, действительно, представляло колоссальный шаг вперед: одновременно можно было зажигать и тушить любое количество ламп, самое зажигание и тушение производились моментально, в комнатный воздух не поступало никаких вредных продуктов горения, при целых проводах совершенно исключалась опасность пожаров даже в помещениях, наполненных легко воспламеняющимися веществами. Все эти преимущества на ряду с удачным и простым решением задачи дробления света содействовали колоссальному распространению лампочек Эдисона и сыграли огромную роль в деле популяризации электрического освещения вообще, — вот почему изобретение Эдисона начинает блестящую главу в истории технического прогресса.

В 1881 году электрический калильный свет обходился не дороже газового, и первое время победителем в завязавшейся борьбе между газом и электричеством оставалась лампочка Эдисона; в конце 80-х годов могло даже казаться, что газ будет в скором времени окончательно выбит из всех своих позиций, тем более, что электротехника не дремала и вводила целый ряд усовершенствований в конструкцию лампы Эдисона. Если первоначально для изготовления угольных нитей употреблялись волокна бамбука, то уже очень рано для этой цели стали применять обугленную

целлюлозу. Цена лампочки накаливания с каждым годом падала. Первые привезенные в Европу лампочки стоили около 10 рублей штука, а в 1895 году угольная лампочка стоила уже около 25 копеек.

Казалось, что светильный газ, как источник света, окончательно побежден. Но вот в 1891 году появляется газокалильная горелка, изобретенная Ауэром. Как известно, в прежних системах газового освещения свет получался от непосредственного сжигания газа; светильный газ при этом расщеплялся на водород, дававший при сгорании водяной пар, и на углерод, раскаленные частицы которого соединялись с кислородом воздуха, образуя углекислоту. Ауэр применил совершенно новый принцип. Газом он пользовался лишь для получения голубого, не яркого, но зато очень горячего пламени. Такое пламя легко можно было получить в горелке, предложенной физиком Бунзеном; в этой горелке Бунзена газ до сгорания смешивался с воздухом, отчего и получалось голубоватое пламя. На эту бунзеновскую горелку Ауэр надел особый колпачок, состоящий из ткани, пропитанной окислами редких в то время металлов — тория и церия. Эти химические соединения, смешанные в определенной пропорции, обладают способностью, подвергаясь действию чрезвычайно горячего пламени бунзеновской горелки, накаливаться добела и излучать очень яркий свет. Ауэровский колпачок вяжется из шерстяной или бумажной ткани, пропитываемой раствором указанных солей. При прокаливании такого колпачка шерсть или бумага сгорают, оставляя как бы минеральный скелет.

Этот новый калильный свет возродил к новой жизни газовое освещение, и увлечение газокалильными горелками Ауэра было столь велико, что во многих местах стали заменять газом недавно лишь устроенное электрическое освещение. До изобретения Ауэра газовый свет силой в сто свечей обходился в 6 — 8 копеек в час, благодаря же колпачку Ауэра стоимость эта понизилась почти втрое. Акции Ауэровского общества поднялись в 10 раз, дивиденды газовых заводов также стали колоссально возрастать.

Электротехника, дабы выдержать при этих условиях конкуренцию газа, должна была, в свою очередь, принять решительные меры к тому, чтобы увеличить экономичность лампочек накаливания. Достигнуть этого можно было лишь путем повышения температуры ламповых нитей; температура нитей возрастает пропорционально поступающему в нить количеству электрической энергии, при чем отношение, существующее между повышением температуры нити и силой излучаемого ею света, таково, что при увеличении температуры нити в два раза сила света увеличивается в 2^5 раза, т.-е. в 32 раза. Так обстоит дело теоретически, на самом же деле практическое осуществление этих теоретических положений представляло колоссальные трудности, ибо уже при

повышении температуры с 1600° до 1800° жизненный путь отдельной эдисоновской лампочки значительно укорачивался. Огромных трудов стоило низвести потребление тока с 3,5 ватта, поглощавшихся старой эдисоновской лампой с бамбуковой нитью, до 2-х ваттов. В результате электротехники пришли к тому же выводу, что и Ауэр, а именно: они на горьком опыте убедились, что для успешной конкуренции с газом необходимо отказаться от угольных нитей и изобрести нечто другое.

И вот начинаются лихорадочные поиски нового материала для нитей электрической лампочки. Первый этап в этих исканиях отмечен появлением лампы геттингенского профессора Нернста. В лампах Нернста угольная нить заменена стерженьком, сделанным из смеси магнезии, стронция и окисей тория, церия и других редких металлов. Стерженьек этот выдерживает гораздо большее нагревание, чем угольная нить; при температуре в 2000° и выше раскаленный стерженьек испускает синевато-белый свет. Дальнейшим преимуществом лампы Нернста является то, что вещество стерженька не вступает в соединение с кислородом воздуха, и поэтому отпадает необходимость помещать стержень в безвоздушное пространство. Нужно, впрочем, отметить и недостатки лампы Нернста. Составная часть стерженька — магнезия — относится к проводникам второй группы: в холодном состоянии она вовсе не проводит тока, делаясь проводником тока лишь при температуре красного каления; раскаленная же добела, она представляет хороший проводник. Следовательно, необходимо предварительное нагревание стерженька. Первые лампы Нернста, появившиеся в обращении в 1897 году, зажигались спичкой — вернее говоря, с помощью спички достигалось предварительное нагревание стерженька лампы. Но ведь ценность всякого электрического света в том и заключается, что как зажигание, так и тушение лампы производятся с любого места, и поэтому такое устройство лампы, при котором приходилось прибегать к помощи спичек, ни в малейшей мере не может быть признано удовлетворительным. После долгих трудов задача „зажигания“ лампы Нернста была решена. Как видно на рис. 28, изображающем схему лампы Нернста с платиновой спиралью, вокруг стерженька лампы устроена тонкая платиновая спираль. Когда через лампу Нернста пропускают ток, то сначала накаливается эта платиновая спираль, через очень короткое время нагревая стерженьек до температуры, при которой он становится проводником тока. После этого спираль становится как бы излишней, при чем это выключение спирали производится самим током при помощи электромагнита, притягивающего небольшой якорь и тем самым прекращающего доступ тока в платиновую спираль.

Несмотря на такое сравнительно сложное устройство, появление лампы Нернста означало громадный прогресс в технике электрического освещения. Если в угольной лампе расход тока на 1 нор-

мальную свечу составляет 3 ватта, то в лампе Нернста этот расход равен 1,5 ватта, значит, и стоимость электрического освещения уменьшилась вдвое. Таким образом, в завязавшейся борьбе электричества с газом Нернст как бы уравнивал шансы обоих соперников. Но за это время и техника газового освещения не стояла на одном месте: благодаря различным усовершенствованиям, газонакалильный свет все же обходился почти вдвое дешевле электрического.

Но вот на выручку электрическому свету выступает Ауэр, тот

самый Ауэр, который является изобретателем газонакалильного света. В поисках за тугоплавкими металлами он набрел на осмий; это металл, который способен выдерживать очень высокие температуры. Так, температура, при которой уголь начинает испаряться, не оказывает еще никакого влияния на осмий (разумеется, если нет доступа кислорода воздуха). Правда, приготовление осмиевых нитей является довольно сложной процедурой. Осмиевая лампа Ауэра дает до 70% экономии тока по сравнению с угольной лампой, при чем расход тока на одну нормальную свечу составляет всего один ватт. Свет осмиевой лампы довольно яркий и чисто белый; недостатком этой лампы является сравнительная хрупкость ее нити, которая не выносит тряски.

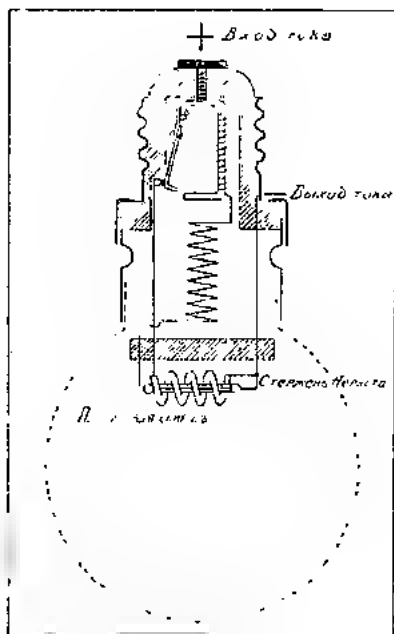


Рис. 28

Для изготовления нитей стали после этого применять и другие редкие металлы — тантал, вольфрам и др. Лучшими лампами следует признать вольфрамовые в виду того, что вольфрам выдерживает температуру до 3000°. Правда, изготовление нитей вольфрама довольно сложно, а именно: из химических соединений вольфрама сначала добывают его в форме очень тонкого порошка, из которого затем изготавливается вязкая паста. Эта паста кладется под пресс в особый цилиндр, в дно которого вставлен алмаз с очень тонкой дырочкой. Сильное давление поршня проталкивает эту пасту через тонкое отверстие в алмазе, при чем получают нити, при прокаливании дающие чистый вольфрам. Незначительные даже сотрясения вызывают разрыв вольфрамовой нити. Последнее время, а именно начиная с 1911 года, электротехникам стало известно,

что из вольфрама можно получить такие же тянутые нити, как, положим, из меди или серебра, и с этих пор мы уже имеем прочную вольфрамовую лампу, которая, обладая всеми преимуществами угольных ламп, в то же время в три раза экономичнее, чем старая угольная лампа.

Борьба между газом и электричеством снова обостряется. Параллельно с усовершенствованием электрической лампы идет усовершенствование и техники газового освещения, и эта борьба в сущности не закончена и теперь... Интересно отметить, как реагировала техника газового освещения на появление танталовых и вольфрамовых ламп. Преимуществом электрического освещения, как известно, является то, что зажигание и тушение лампы производится чрезвычайно легко и с любого места. Техника газового освещения в борьбе с электричеством сумела и для себя завоевать эту выгодную позицию. Опишем вкратце это устройство, при котором нет необходимости взбираться с зажженной спичкой к высоко висящей газовой лампе. В любом месте комнаты к стене приделаны две электрические кнопки, из коих одна окрашена в белый цвет, а другая в черный. Достаточно прикоснуться к белой кнопке, и возбуждается небольшой электромагнит, притягивающий пластинку, закрывающую отверстие газовой трубки, при чем проскакивающая одновременно искра зажигает выходящую из трубки струю газа. При надавливании на черную кнопку электрический ток направляется во второй электромагнит, притягивающий пластинку на прежнее место и прекращающий приток газа в горелку. Это остроумное приспособление ставит газ в отношении его конкуренции с электричеством в благоприятное положение. Иногда даже трудно бывает определить, горит ли газ, или свет исходит от электрической лампы. Вы подходите к стене, нажимаете кнопку, и вы видите, как моментально освещается комната, при чем ни по внешнему виду арматуры, ни по характеру света вы не определите сразу, имеете ли вы дело с электричеством или газом.

Над усовершенствованием электрического освещения работали и работают сейчас многие выдающиеся техники, при чем целью всех этих усовершенствований является возможное увеличение экономичности. Возьмем, например, лампы с вольтовой дугой. Уже в конце прошлого века такие лампы потребляли 0,9—0,75 ватта на одну нормальную свечу, и потому получили довольно широкое распространение. Но вот появляется лампа с пламенной дугой (рис. 29). По своему устройству она значительно отличается от прежних дуговых ламп, а тока она расходует всего 0,2 ватта на нормальную свечу. В лампах с пламенной дугой, для увеличения яркости дуги, к материалу, из которого изготавливаются угли, прибавляют в довольно больших количествах (до 30%) соли различных металлов (главным образом, соединения стронция, силиция, магния и фтора). Далее, угли в такой лампе с пламен-

ной дугой располагаются не отвесно один над другим, а рядом под некоторым углом, вершина которого обращена вниз. Пламенной такая дуга называется потому, что она бывает насыщена парами металлов и в виду этого светит чрезвычайно ярко. Ведь в состав углей такой лампы входят как-раз такие вещества, которые превращают в световые лучи чрезвычайно большой процент сообщенной им тепловой энергии.

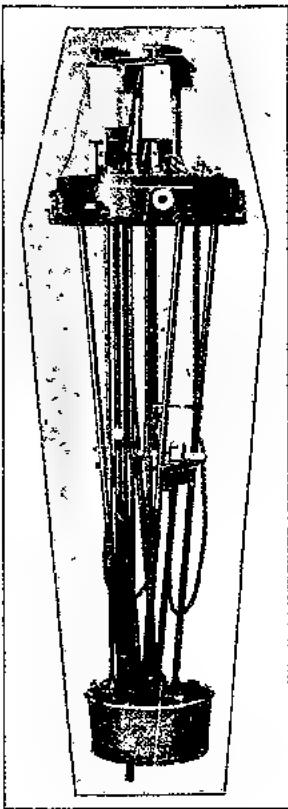


Рис 29.

Говоря о дуговых лампах, нельзя обойти молчанием ртутную лампу. Уже давно, еще гораздо раньше, чем Дэви открыл световую дугу, было известно, что при прохождении тока между двумя находящимися в запаянной трубке порциями ртути получается своеобразный синевато-зеленоватый чрезвычайно яркий свет. Это старое наблюдение было практически использовано лишь в конце XIX века. Ртутная лампа выгодно отличается небольшим расходом тока, но свет ее крайне неприятен. Человеческие лица кажутся мертвенно бледными, красные губы кажутся синими и т. п.; о практическом применении такого света, казалось, нечего было и думать. Для уменьшения зеленой окраски света нужно значительно увеличить силу тока, но тогда получается столь сильное нагревание, что стекло размягчается, и лампа перестает действовать. Тогда стали заменять стекло горным хрусталем (кварцем), представляющим чрезвычайно тугоплавкое вещество, которое плавится лишь в пламени гремучего газа. Из расплавленного кварца, как из стекла, можно выдувать различной формы сосуды, реторты, трубки и проч. В таких сосудах и ретортах можно плавить

медь, испарять олово и цинк и т. д. И вот, благодаря кварцу, мы теперь имеем ртутные лампы, свет которых обладает столь ничтожной примесью зеленых лучей, что ими, например, можно пользоваться для уличного освещения.

Такие кварцевые лампы очень экономичны (расход тока составляет около $\frac{1}{3}$ ватта на свечу), при чем могут гореть без ремонта до 2000 часов при температуре вольтовой дуги до 5 тысяч градусов Цельсия. Свет кварцевых ламп богат ультрафиолетовыми активными лучами и, благодаря свойству этих лучей в короткое время убивать различные бактерии, находит себе применение в медицине.

Технически совершенствуются не только лампы с вольтовой дугой, но и лампы накаливания. Еще до последней мировой войны появились так называемые полуваттные лампы. Если тонкую вольфрамовую нить поместить не в безвоздушное пространство, а в стеклянный сосуд, наполненный азотом, то температура нагревания нити может быть значительно выше, чем в обыкновенной вольфрамовой лампочке, и тогда расход тока на одну нормальную свечу составляет $\frac{1}{2}$ ватта (отсюда и название этих ламп). Значит, при одном и том же расходе тока полуваттная лампа дает почти вдвое больше света, чем обыкновенная вольфрамовая лампа.

Техника располагает прекрасным средством увеличить силу света электрических ламп. Еще в то время, когда об электрическом освещении не могло быть и речи, когда комнаты освещались еще сальными свечками и работать приходилось при сильнейшем напряжении аккомодации глаза, сапожники во время работы по вечерам подвешивали впереди сальной свечки стеклянный шар, наполненный водой. Этот шар как бы являлся большим собирательным стеклом, концентрировавшим весь попадавший в него свет на небольшом рабочем поле. Благодаря этому степень освещения поднималась почти до 100 нормальных свечей. Этим же принципом, только, конечно, в гораздо более сложном исполнении, мы и теперь пользуемся при освещении маяков. Для того, чтобы свет маяка виден был на далекое расстояние, лампа устанавливается в фокусе параболического зеркала, отражающего падающие на него световые лучи в форме одного параллельного пучка. Следовательно, при таком устройстве не происходит рассеивания света во все стороны, и яркость освещения колоссально возрастает. Так, яркость освещения лампами гелголандского маяка (рис. 30) в расстоянии одного метра измеряется 30 миллионами люксов, в то время как самый источник света — дуговая лампа — имеет лишь 3500 нормальных свечей.¹

Такие же отражатели света, или прожекторы, устанавливаются в новейшее время также на локомотивах, при чем дуговые лампы с пламенной дугой, свет которой усиливается прожек-

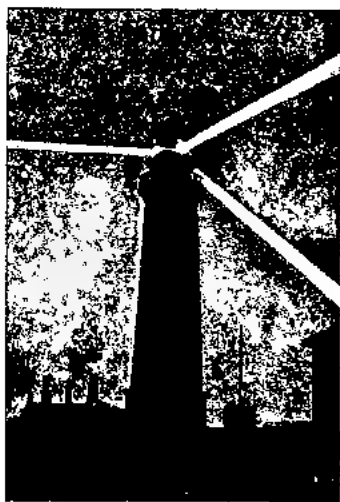


Рис. 30.

¹ Следует упомянуть о новом аэро-маяке близ Дижона во Франции, сила света которого достигает одного миллиарда свечей, а дальность видения его в ясную погоду с большой высоты летающего аэроплана достигает 400 км.

тором, не раз предохраняли людей от несчастных случаев при въезде локомотива в туннель, на мост, при подходе к станции и пр.

Конкурентом электрического света является также газ ацетилен, известный химикам еще с 1839 года. Уже в 1862 году немецкий химик Велер нашел, что при нагревании смеси углерода с кальцием образуется так называемый кальций-карбид; последний при опускании в воду развивает газообразный ацетилен, при зажигании дающий ослепительно белое пламя. Когда в конце прошлого века появились заводские электрические печи, температура которых достигает 3000° , кальций-карбид стал получаться путем сплавления в электрической печи кокса с известью. Когда кальций-карбид подвергается действию воды, то водород воды образует с углеродом газообразный углеводород ацетилен, а кислород воды соединяется с кальцием снова в известь.



Рис. 31.

Один килограмм кальция-карбида выделяет до 300 л ацетилена, при чем способ получения ацетилена чрезвычайно прост, — надо лишь так или иначе привести кальций-карбид в соприкосновение с водой. Техника работала несколько типов аппаратов для получения ацетилена и последующего его сжигания: в одних приборах вода по капле падает на карбид, в других небольшие кусочки карбида один за другим падают в воду. Ацетиленовый свет весьма экономичен: в усовершенствованных аппаратах расход ацетилена на свечу-час составляет лишь 0,17 л, тогда как расход светильного газа на час-нормальную свечу равен 0,9—1 л. Если бы мы захотели получить с помощью электрической батареи столько же света, сколько нам дает один килограмм кальция-карбида, то мы вынуждены были бы тащить за собой батарею весом в 50 кг. Вот почему переносные электрические лампы никоим образом не могут конкурировать с ацетиленовыми фонарями автомобилей, велосипедов и экипажей.

Ацетиленовое освещение имеет один крупный недостаток, обусловленный тем, что в смеси с воздухом ацетилен дает взрывчатую смесь.

В угольных копиях еще и теперь находит себе применение безопасная лампа Дэви (рис. 31). Как известно, в шахтах иногда наблюдается скопление огромных количеств горючих углеводородов; смесь этих углеводородов с воздухом отличается страшной взрывчатой силой, и случайное воспламенение этой смеси не раз являлось причиной ужасных разрушений и несчастий с массой человеческих жертв. Следовательно, зажечь в такой шахте обыкновенную открытую керосиновую или газовую лампу было бы чрезвычайно опасно, а совершенно закрытая лампа не может, конечно, долго гореть из-за отсутствия доступа воздуха. И вот безопасная лампа Дэви дает прекрасный выход из положения: тут

обеспечен постоянный доступ воздуха к пламени, и вместе с тем от взрыва предохраняет густая проволоочная сетка в верхней части лампы. Если в воздухе содержатся взрывчатые газообразные углеводороды, то, попадая внутрь лампы, они там же и сгорают, так как голубоватое пламя, получающееся при их сгорании, не может перекинуться за сетку вследствие охлаждения пламени металлической сеткой. Конечно, лампа Дэви предохраняет от взрыва лишь до тех пор, пока проволоочная сетка не накалится докрасна, а на это во всяком случае требуется несколько минут. Голубоватое пламя внутри лампы должно служить для шахтера сигналом, указывающим на необходимость погасить лампу. Для того, чтобы шахтер не вздумал открывать эту лампу под землей, лампа Дэви снабжена особым затвором, открываемым лишь специальным ламповым мастером с помощью большого магнита.

Мы упоминали не раз, что техника освещения совершенствовалась, стремясь исключительно к большей экономичности света. Не надо, однако, забывать, что независимо от того, имеем ли мы дело с керосином, газом или электричеством, мы в состоянии превращать в свет лишь очень ничтожную часть той энергии, которая заключается в осветительных материалах. Коэффициент полезного действия всех наших источников чрезвычайно мал. При керосиновом освещении, например, в световую энергию превращается лишь около 1% химической энергии керосина, остальные же 99% превращаются в теплоту. Если бы нам удалось превратить в свет все 100% химической энергии керосина, то одной бутылки керосина хватило бы чуть не на целый год.

Таким образом, теоретический коэффициент полезного действия во много раз превышает практический коэффициент, который даже в лучших лампах с пламенной дугой равен лишь 7 — 10%. Столь низкий коэффициент полезного действия присущ всем так называемым температурным излучателям, т. е. всем тем телам, которые светят лишь при высокой температуре. Но в природе встречаются явления свечения тел и при низкой температуре: таким „холодным светом“ светит, например, луна. К этой же группе относятся



Рис. 32.

явления фосфоресценции, флуоресценции и другие виды люминесценции. Есть, наконец, растения и животные, излучающие свет без образования теплоты: кто не видал светлячка с его зеленоватым фонариком? На дне морей, где царит вечный мрак, живут рыбы, выставляющие вперед свои светящиеся усики с целью привлечь к себе добычу; холодным светом светятся некоторые виды морских медуз, а также некоторые бактерии. Знакомое морякам свечение моря следует также приписать светящимся бактериям. Если приготовить разводки этих светящихся бактерий на мясном бульоне с желатиной, то можно даже проделать такой интересный опыт, как изображенный на рис. 32, дающем нам представление о силе свечения бактерий. Этот бактериальный свет позволяет свободно читать книгу и даже делать удачные фотографические снимки. О практическом значении такого света, конечно, не может быть и речи.

Холодный свет, исходящий из гейслеровых трубок, был известен физикам уже сравнительно давно. В 1889 году Николай Тесла предложил воспользоваться светом гейслеровских трубок для целей освещения. Из этих трубок, в которых находится сильно разреженный газ, исходит красивый переливчатый, мерцающий свет, являющийся не результатом накаливания, а чисто электрическим явлением. Два обстоятельства мешали практическому использованию явлений свечения в сильно разреженных газах. во-первых, для этого требуется ток крайне высокого напряжения, а, во-вторых, трубки быстро теряют свою проводимость. Указанные препятствия были, однако, преодолены учеником Тесла, Муром. Включив в обычную городскую проводку небольшой трансформатор, Мур значительно увеличил напряжение тока, а самые трубки он снабдил особым клапаном, регулирующим упругость газа и его проводимость. Освещение трубками Мура чрезвычайно приятно для глаза, при чем свет от трубок Мура может быть белым или цветным. В Америке и Германии светом Мура освещаются некоторые общественные здания (например, главный почтамт в Нью-Йорке).

Мы не можем знать, какими путями пойдет завтра прогресс техники освещения, в одном лишь мы не можем сомневаться, что вечно ищущий и изобретающий ум человека не успокоится до тех пор, пока не будет достигнут стопроцентный свет в смысле коэффициента полезного действия. Возможно, что холодный свет и явится таким „светом будущего“.

ДВИГАТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ.

I.

ВВЕДЕНИЕ.

Технический прогресс выражается в усовершенствовании методов человеческой работы, в увеличении продуктивности работы, а всякая работа требует применения того или иного вида энергии. Техника во все времена располагала лишь тремя источниками энергии: живой силой текучей воды и движущегося воздуха, затем химической энергией горючих веществ и, наконец, мускульной силой живых существ.

В отличие от первобытной техники наших далеких предков, вынужденных пользоваться преимущественно мускульной силой человека и животных, да, пожалуй, изредка силой ветра, современная техника выбирает тот вид энергии, который способен дать человеку наилучший результат, ибо современная техника базируется на знании закономерностей, лежащих в основе всех превращений энергии из одного вида в другой, а также на законе сохранения энергии, установленном Юлиусом-Робертом Майером в 1841 году.

Как известно, было бы ошибочно думать, что энергия заключается только в движущихся телах. Если мы бросим камень на крышу дома или поднимем известное количество воды на некоторую высоту, то и в этом лежащем на крыше камне, и в этой поднятой вверх воде тоже заключается энергия, но только это будет энергия скрытая, потенциальная, которая при известных условиях снова может переходить в энергию движения, в энергию действительную, или, как принято называть ее, энергию кинетическую. И этот переход потенциальной энергии в кинетическую мы можем в технике наблюдать чуть не на каждом шагу. Натягивая силой мышц нашей руки тетиву лука, мы получаем в этой тетиве определенный запас потенциальной энергии, которая при отнятии нашей руки немедленно переходит в энергию движения стрелы, в кинетическую энергию. Мы заводим наши карманные часы и тем самым накапливаем в пружине часов потенциальную энергию, превращающуюся в энергию движения часовых колесиков и стрелок по циферблату.

Вода, расположенная на возвышении, уже в силу своего высокого месторасположения обладает потенциальной энергией, которая переходит в кинетическую, когда в форме большего или меньшего ручья она бежит с гор в долину, вращая поставленные на ее пути колеса мельницы или турбины. Кто сообщил воде эту энергию? Конечно, солнце, поднявшее сначала эту воду наверх в виде облаков, откуда вода затем попадает на возвышенные места, с которых затем и стекает в долины.

Горючие вещества, сжигаемые нами в топках котлов, также заключают в себе потенциальную энергию. Например, каменный уголь, как мы видели, образовался в глубоких слоях земли из гигантских растений, которые когда-то впитали в себя много солнечной энергии, солнечной теплоты. И если мы примем во внимание, что животные питаются растениями, то мы должны признать, что и мускульная сила животного в конечном счете является продуктом или результатом тепловой энергии солнца, которое является источником всяческой энергии на земле.

Иногда нам может казаться, что энергия исчезает; так, летящий вниз камень обладает известной энергией, которая может даже совершать ту или иную работу, но в тот момент, когда камень упал на землю, нам может показаться, что эта энергия исчезла куда-то бесследно. Или возьмем, например, пушечный снаряд: порох представляет собой огромный резервуар потенциальной энергии, которая при зажигании пороха переходит в кинетическую энергию полета снаряда. Но вот снаряд ударился о броню корабля, и полет его внезапно приостановился. Можно подумать, что энергия исчезла бесследно; на самом же деле это не так. Стоит нам прикоснуться рукой к тому месту стальной брони, куда упал снаряд, и мы увидим, что сталь в этом месте нагрелась — энергия движения перешла в теплоту. То же происходит всякий раз при внезапной остановке энергии движения, при внезапном прекращении движения. Молот, которым мы бьем по наковальне, нагревается; при трении двух кусков дерева развивается тепло.

Чрезвычайно важное значение для техники имеет выяснение отношений, существующих между тепловой и механической энергией. Джоуль и Гирн, занимавшиеся выяснением этого вопроса, установили, что калория, т. е. количество тепла, достаточное для поднятия на 1° Цельсия температуры 1 кг воды, может поднять 424 кг на 1 м высоты или 1 кг на 424 м высоты. Следовательно, сжигая в паровой машине такое количество угля, которое в состоянии поднять температуру 1 кг воды на 1° Цельсия, мы в праве ожидать теоретически, что эта паровая машина совершит работу, равную 424 кг. Но тут-то и оказывается на деле огромное несоответствие между теоретически вычисленным и фактически полезным действием машины. Но ведь закон сохранения энергии учит нас тому, что энергия не может пропасть, а может лишь превратиться в другой вид энергии. Спрашивается: откуда же получается указан-

ное несоответствие между теоретически вычисленной и фактической работой машины? А очень просто: значительная часть энергии в форме лучистой теплоты ушла в атмосферу со стенок цилиндра, часть пошла на преодоление трения между отдельными частями машины и также превратилась в теплоту, и т. д.

Отношение между полезной работой машины и количеством доставленной машине энергии называется коэффициентом полезного действия машины. Если мы говорим, что коэффициент полезного действия машины равен, допустим, 65%, то этим самым мы говорим, что из каждых 100 единиц энергии 35 бесполезно затрачивается на излучение тепла, проведение тепла, трение и проч.

Таким путем мы вплотную подошли к вопросу о единице энергии, к вопросу об измерении энергии. В технике теперь пользуются двумя терминами для обозначения единицы мощности: лошадиная сила и киловатт-час. Со временем, вероятно, будет употребляться одно обозначение - киловатт-час.

Термин „лошадиная сила“ был введен в технику изобретателем паровой машины Джемсом Уаттом. Под одной лошадиной силой разумеют работу, совершаемую для поднятия в одну секунду 75 кг на высоту 1 м или 1 кг на высоту 75 м.

Желая измерить работу, совершаемую водой горной реки или водопада, мы умножаем давление воды на количество воды, протекающей в одну секунду. Электрический ток можно уподобить водопаду, и работу, совершаемую данным электрическим током, мы можем установить, определив предварительно его напряжение, которое соответствует давлению воды, и силу тока, соответствующую массе воды в примере с водопадом. Напряжение электрического тока выражается в вольтах, а сила тока в амперах. Помножив число вольт на число амперов, мы получаем мощность, выраженную в ваттах, при чем от умножения 1 вольт на 1 ампер получается 1 ватт, а 1000 таких ваттов составляют 1 киловатт.

Во всех государствах, где принята метрическая система, принято считать 1 лошадиную силу равной 736 ваттам или 0,736 киловатта. Киловатт-час представляет работу в 1 киловатт, длящуюся 1 час, при чем приблизительно $\frac{2}{3}$ такой работы соответствуют одной лошадиной силе в течение часа.

Чтобы дать читателю более наглядное представление о том, что представляет собой киловатт-час, напомним, что электрический ток мощностью в 1 киловатт-час в состоянии, например, вращать колесо швейной машины в течение 21 часа.

Итак, закон Майера о сохранении энергии приводит нас к пониманию отношений, существующих между энергией и механической работой. Он же учит нас, что идея создания *perpetuum mobile*, которая занимала умы многих тысяч изобретателей, по существу своему не выдерживает научной критики и никогда не может быть

воплощена. Под *perpetuum mobile* понимают такую машину, которая может бесконечно долгое время производить работу без того, чтобы в нее была введена извне какая-нибудь доля энергии, т.-е. машину, которая черпает эту энергию из самой себя. Нужно сказать, что не всегда и не все изобретатели, трудившиеся над созданием такой машины, являлись шарлатанами, — нет, эта по существу заманчивая идея прочно заседала и в честных головах, думавших перехитрить природу и ее непреложные законы. На создание такой машины было затрачено очень много труда, остроумия и изобретательности, при чем в иные исторические периоды число таких проектов, предложений и открытий бывало столь велико, что в 1775 году, например, парижская академия наук отказалась раз навсегда заниматься рассмотрением всех проектов этого рода. Если проследить исторически попытки решения проблемы *perpetuum mobile*, то окажется, что уже Герон александрийский за 120 лет до нашей эры уделял этой идее свое внимание. С тех пор идея эта кружила головы очень многих людей, порой даже и выдающихся, вся беда которых заключалась в незнании закона сохранения энергии и так называемого второго закона механической теории тепла. К сожалению, недостаток места не дает нам возможности наглядно изобразить схематически различные проекты решения этой утопической, невозможной проблемы „вечного двигателя“.

Мы указали в начале этой главы, что в нашем распоряжении находятся три источника энергии: 1) живая сила текучей воды и ветра, 2) химическая энергия горючих веществ и 3) мышечная сила человека и животных. Последний источник энергии был если не единственным, то во всяком случае наиболее распространенным в течение многих тысячелетий, предшествовавших нашей эпохе. Поэтому интересно узнать, какую же работу может совершать человек, если его рассматривать исключительно как машину, как двигатель. Путем многочисленных научно обставленных опытов удалось установить, что человек при непрерывной десятичасовой работе развивает силу, равную $\frac{1}{18}$ лошадиной силы. Конечно, в некоторых случаях, когда работа длится короткое время, человек может сделать значительное напряжение и резко повысить количество производимой им работы; так, например, во время пожара многие люди способны совершать работу, равную $\frac{1}{2}$ лошадиной силы, а в моменты, когда опасность грозит жизни, работа, производимая человеком, может равняться и целой лошадиной силе. Итак, мы видим, что, рассматривая человека как машину, мы должны признать его очень дорогой машиной; ведь пища наша является для нас тем же, чем является уголь для паровой машины или газ для газового двигателя, но обходится она гораздо дороже, чем уголь или газ, и притом только незначительная часть энергии, заключающейся в потребляемой нами пище, переходит в полезную работу. Большая же часть заключающейся в нашей пище энергии идет на поддержание всего организма. Ни одна машина, созданная

человеком, не дает столь низкого коэффициента полезного действия, как сам человек. Не лучше обстоит дело и в том случае, когда в качестве двигателя человек пользуется мышечной силой животных.

Применением мышечной силы человека и животных характеризуется первая стадия культурного и технического развития человечества. Вторая стадия этого развития наступает тогда, когда от этих примитивных источников энергии человек переходит к использованию химической энергии, скрытой в наших горючих веществах. Но тут человек наталкивается на предел, положенный самой природой, а именно: количество угольных запасов, скрытых под землей, ограничено, увеличить эти запасы мы не в состоянии, и, конечно, может наступить момент, когда эти запасы истощатся. Этот процесс истощения угольных запасов продолжается и при пользовании энергией электрического тока постольку, поскольку электрическая энергия добывается из того же каменного угля. Ведь в этом случае происходит лишь превращение химической энергии каменного угля в электрическую энергию, и притом круговым путем через паровой котел, паровую машину и динамомашину. И когда мы начинаем вычислять коэффициент полезного действия каменного угля при этом превращении одного вида энергии в другой, то мы невольно приходим в смущение: только 12 процентов энергии угля могут быть использованы нами в форме полезного электрического тока. Трудно отделаться от впечатления, что столь ничтожный процент как бы звучит насмешкой над всей нашей высокоразвитой техникой.

Куда же деваются остальные 88% энергии? А вот куда. Даже в самых усовершенствованных паровых котлах непосредственно на превращение воды в пар затрачивается лишь 81% тепловой энергии, а 19% последней в форме теплоты излучаются в воздух. В самой паровой машине также происходит утечка энергии, которая расходуется на преодоление неизбежного трения между отдельными частями машины. Часть пара вообще не достигает паровой машины, а еще раньше сгущается в воду, и таким образом также бесцельно пропадает часть энергии. И в результате всех этих потерь из 81% энергии угля, заключающихся в паровом котле, лишь 16% переходят в самой паровой машине в механическую работу. Далее, паровая машина вращает динамомашину, и здесь снова известная часть энергии затрачивается на преодоление трений и сопротивления воздуха, и в конечном счете, из всего количества тепла, полученного от сжигания каменного угля, на этом круговом пути через паровой котел, паровую машину и динамомашину, лишь 12% превращаются в энергию электрического тока.

Мы могли бы устранить столь плачевный результат лишь в том случае, если бы мы научились обходиться без посредников и, отказавшись от парового котла, паровой машины и динамомшины, сумели бы получить электричество непосред-

ственно из угля. Но даже в данное время задача непосредственного превращения каменного угля в электричество является одной из труднейших проблем, нап решением которых трудится современная техника.

Разрешима ли вообще такая задача? Безусловно да. Известны попытки устройства гальванических элементов, в которых уголь непосредственно переходит в электрический ток. Но это возможно лишь тогда, когда при этом происходит окисление угля, соединение его с кислородом, а вспомогательные средства, дающие такое соединение, обходятся слишком дорого. Все методы, предложенные для превращения угля в гальваническом элементе в электрический ток, страдают тремя недостатками: медленностью реакции между углеродом и кислородом, наличием примесей в углероде, дающих в растворе сложные углеводороды, и вытекающей отсюда необходимостью замены обычных углей дорогими стоящими искусственными углями. Конечно, вышеуказанная проблема пока еще решена лишь теоретически, практического значения различные предложения этого рода еще не получили, но, веря в прогресс науки, мы можем определенно сказать, что когда-нибудь эта задача будет решена и практически. Когда это произойдет, неизвестно, во всяком случае увеличивающееся истощение скрытых в земле запасов каменного угля должно будет усиленно толкать мысль ученых и практиков в эту сторону. А пока что надо бережнее обращаться с углем и стараться лучше использовать его для получения из него энергии. Знаменитый физик Вильям Рамзей предложил отказаться от дорого стоящего извлечения угля из глубины шахт и последующей доставки его на фабрики и заводы, а вместо этого непосредственно превращать под землей в газогенераторах уголь в газ, и получающийся газ выводить на поверхность земли. Здесь, на поверхности земли можно было бы поставить газовые двигатели, с помощью которых можно было бы передавать неограниченные количества электрической энергии в различные пункты, где есть нужда в энергии. Рамзей вычислил, что при его способе получения энергии каменный уголь обошелся бы в два раза дешевле. Запасов угля хватило бы на вдвое большее время, и электричество стоило бы вдвое дешевле.

Техника изыскала и другие пути более экономного обращения с углем. Как известно, газы, выходящие из доменных печей, до последнего времени без всякой пользы для человека уходили в воздух; между тем они обладают большой тепловой энергией—температура их достигает 300—400° Цельсия. Теплотой этих газов первоначально стали пользоваться для предварительного нагревания вдуваемого в доменную печь воздуха. Но затем, когда техники, побуждаемые растущей дороговизной угля, поняли, как неразумно зря растрачивать энергию угля, эти газы стали применять для топки паровых котлов. Но и на этом не успокоилась техника. Оказалось, что гораздо выгоднее взрывать эти

доменные газы внутри цилиндров газовых двигателей. Доменный газ с этой целью смешивается с воздухом, при чем в результате такого смешения получается очень взрывчатая смесь; последняя засасывается в рабочий цилиндр газовой машины, где и взрывается. Сила взрыва передается поршню, а затем маховому колесу, могущему вращать целый ряд связанных с ним машин. Если раньше доменный газ приходилось сжигать в топке котла для получения из воды пара, который толкал поршень паровой машины, то теперь такое движение поршня достигается без посредников, более коротким путем, непосредственным взрывом газа. К тому же, как мы увидим ниже, коэффициент полезного действия газовых двигателей вдвое больше коэффициента полезного действия паровой машины средней величины. Определенное количество доменного газа при сгорании в топке парового котла развивает, допустим, 1000 лошадиных сил, а, взрываясь в газовом двигателе, это же количество дает не меньше 2700 лошадиных сил.

Это стремление техники к лучшему использованию энергии горючих веществ шло параллельно с поисками новых источников энергии. Мы живем в эпоху, которую можно назвать третьей стадией технического и промышленного развития. Этот период развития характеризуется тем, что человек, научившись получаемую в любом месте электрическую энергию передавать на далекое расстояние и там использовать ее для промышленных целей, стал широко эксплуатировать энергию водопадов, заставляя воду производить ту работу, которая до этого производилась каменным углем. Отсюда и получилось название „белый уголь“.

В будущем промышленными странами будут те страны, где существуют большие запасы „белого угля“. Преимущество „белого угля“ заключается в том, что, в отличие его от черного угля, запасы его никогда не могут истощиться. Надо отметить еще одно обстоятельство: каждая тонна неизвлеченного нами из земли каменного угля может еще нам пригодиться и когда-нибудь в будущем дать нам энергию, каждый же нами неиспользованный кубический метр текущей с гор воды уже окончательно потерян для нас, ибо, протекая в долине, вода уже не может служить для нас источником энергии. Вот почему все государства, где есть водопады или горные реки, спешат использовать энергию падения воды, переводя затем эту энергию в электрический ток. И с каждым годом возникают в разных государствах новые промышленные районы, часто и не совпадающие с существующими промышленными центрами. На путь использования „белого угля“ решительно вступили С.-А. Соединенные Штаты, Франция, Норвегия, Швеция, Италия и др., на этот же путь вступает и СССР. В Германии уже использовано около 43 процентов той энергии, которая скрыта в текущей воде ее рек, а на всем земном шаре из падающей воды извлекается в настоящее время до 16 миллионов лошадиных сил,

Водопады Замбези уже теперь посылают в южно-африканские горные округа, т.-е. на расстояние 1100 км, до 250 000 лошадиных сил.

Вокруг и на известном расстоянии от местонахождения запасов „белого угля“ возникают новые промышленные районы и центры, которые и по своему внешнему виду резко должны отличаться от современных. В таких центрах мы не увидим ни дыма, ни копоти, ни высоких фабричных труб—всюду чистота и опрятность. Водопад или загораживающая реку плотина делают излишними паровые котлы, бесшумная динамо вытесняет паровую машину, а опасные для жизни рабочих трансмиссии заменяются тонкой проволокой и неслышно работающим электромотором.

Для чего устраиваются плотины поперек реки? А дело в том, что многие реки летом сильно мелеют, весной же в них бывает так много воды, что она выходит из берегов и затопляет окрестность. И вот, для устранения этой неравномерности в работе воды и устраивается плотина, целиком перегораживающая реку. Позади такой каменной стены образуется озеро, из которого весной, во избежание наводнения, вода может быть спущена и которое летом гарантирует достаточный запас воды для целей орошения и пр. Но эта же вода, собирающаяся позади плотины и представляющая огромный резервуар энергии, может быть использована и другим путем: имея определенную высоту падения, можно подвести воду к лопаткам водяной турбины, энергия вращения которой преобразуется динамомашинной в электрический ток. Последний же может быть передан на далекое расстояние и там совершать нужную человеку работу.

Особенно широкое распространение получили такие плотины в Германии; устройством плотин немцы стараются возместить бедность их страны естественными водопадами.

Особенной известностью пользуется Ниагарский водопад, из которого уже в настоящее время извлекается около 600 000 лошадиных сил; кроме того, находятся в постройке установки еще на 150 000 лошадиных сил. Белым углем богаты также Французские Альпы. Обширный район от Женевского озера до Средиземного моря превращается в огромный центр развивающейся промышленности. Энергия падения воды, бесполезно растрачивавшаяся раньше на трение о скалы, в настоящее время дает свет и жизнь целому ряду городов, при чем в альпийских долинах, где раньше процветало скотоводство, в настоящее время наблюдается колоссальный расцвет промышленности. Уже в 1911 году французы извлекали из своих альпийских гидро-электрических станций до 475 000 лошадиных сил; спроектированных же установок имеется еще на 700 000 лошадиных сил. Существует проект устройства такой гидро-электрической станции в Женессиа около Женевы на Роне, при чем предполагается получить ток, напряжением в 120 000 вольт, и этот ток по четырем проводам передавать в Париж,

Интересно привести некоторые цифры, могущие дать представление о грандиозности и мощности таких сооружений. Построенная в Женессиа станция должна была бы давать около 300 000 лошадиных сил, а в год 1 300 000 000 киловатт-часов. Для получения этого количества энергии при помощи каменного угля потребовалось бы два миллиона тонн угля или 6000 товарных поездов по 360 т каждый. Высота плотины по проекту равна 100 м, причем на постройку плотины пойдет около 400 000 м³ бетона; позади плотины должно образоваться озеро длиной в 23 км, и это озеро покроет 380 га земли.

В поисках все новых и новых источников энергии человек обратил свой взор и на морские приливы и отливы. Как известно, разница уровней воды во время прилива и отлива составляет около 3 м. Энергия падения воды представляет собой результат умножения массы воды на высоту ее падения; следовательно, в виду столь небольшой высоты падения нужно огромное количество воды для того, чтобы мы могли извлечь из приливов и отливов более или менее значительные количества энергии. Впрочем, идея использования приливов и отливов не нова. Еще в XVII веке мы находим в голландской колонии, основанной на острове, расположенном против теперешнего Нью-Йорка, мельницы, работавшие по такому же принципу. Голландцы соорудили большую плотину, в которой были устроены шлюзы. Во время прилива шлюзы открывались, и в момент наивысшего подъема воды последней преграждался обратный сток в море. Во время же отлива шлюз открывался, и вода устремлялась на мельничные колеса, поставленные на пути обратного движения воды. В 1713 году мы находим такую же большую мельницу в Дюнкирхене.

В 1902 году американец Орвиль Райт, прославившийся своими полетами на аэроплане собственной конструкции, после целого ряда опытов поставил на берегу Калифорнии машину, которая переводила энергию прибоя волн в механическую работу. Его машина развивала 9 лошадиных сил. В общем такая машина, приводимая в движение силою волн, представляет ряд больших пустых бочек, плавающих на поверхности воды на длинных, крепких рычагах, при чем эти рычаги при поднятии и опускании бочек передают это движение валу, с которым соединена динамомашинка. Получающийся от вращения динамомашинки электрический ток при помощи батареи аккумуляторов может быть использован для любых целей. В настоящее время такими установками часто пользуются для освещения буев, расположенных далеко в море.

Раз речь идет о поисках новых источников энергии, нельзя не упомянуть, что в настоящее время эти новые источники энергии являются как бы лозунгами современности, при чем над решением этой проблемы работает много выдающихся ученых. Сделан целый ряд научных открытий, например, в области строения материи и атомов, но эти новейшие изыскания ученых имеют пока лишь

огромный теоретический интерес. Установлено, например, что при распаде атомов освобождается огромное количество энергии, которое могло бы совершенно освободить человечество от забот о поддержании своего силового и теплового хозяйства. Если когда-нибудь человечество сумеет овладеть этой энергией, освобождающейся при распаде атомов, то все наши теперешние технические достижения в области пара, газа и электричества покажутся столь же ничтожными и примитивными, как ничтожными и примитивными кажутся нам орудия наших пещерных предков.

Вернемся, однако, к источникам энергии, которыми уже пользуется современная техника. Не всегда энергия находится в том месте, где в ней есть надобность и где происходит ее потребление. Конечно, в общем стараются устраивать технические предприятия вблизи источников энергии, которой эти предприятия питаются. До последнего времени, например, районы залегания каменного угля в то же время являлись наиболее промышленными; в будущем такие промышленные центры будут образовываться в районах расположения „белого угля“. Во всяком случае, не всегда обстоятельства складываются так, что фабрики и заводы располагаются там, где находится и источники энергии. В этих случаях со всей остротой встает вопрос о передаче энергии. В сущности, каждый транспорт угля или нефти по железной дороге, каждый сплав дров и проч. уже являются своего рода передачей энергии, но в технике под передачей энергии понимают доставку уже полученной движущей силы к месту ее потребления. В тесной связи с такой технической передачей энергии может находиться и распределение энергии, например, в том случае, когда из одного центрального пункта электрическая энергия распределяется по целому ряду отдельных небольших мест потребления тока.

Когда энергия должна передаваться на небольшие расстояния, то с этой целью пользуются обычными трансмиссиями. В этом случае на вращающемся валу двигателя устраиваются ременные шкивы, при чем вращение вала передается при помощи ремней, пеньковых или проволочных канатов рабочим машинам. Иногда для целей трансмиссии пользуются зубчатыми колесами, бесконечными винтами и т. п. На больших судах передача энергии совершается с помощью длинного вала, при своем вращении заставляющего работать паровой винт. С помощью трансмиссий можно передавать сравнительно небольшие мощности, так как большая мощность предъявляет к материалам такие требования, которым те не в состоянии удовлетворить. К тому же, при трансмиссиях бесполезно затрачивается много энергии, уходящей на трение, нагревание и пр. В виду этого трансмиссии все больше и больше вытесняются электрической передачей.

Передача энергии может совершаться также с помощью напорной воды и пара. В Женеве в 80-х годах прошлого века существовала замечательная вододействующая установка: на берегу Роны поста-

влены были турбины, с помощью которых водяные насосы накачивали воду в резервуар, расположенный на высоте 120 м, при чем вода из этого резервуара распределялась по городу по трубопроводам высокого давления, к которым присоединялось большое число водяных двигателей. Передача с помощью воды под давлением в конце прошлого века устраивалась довольно часто в Германии, например, в Гамбурге, в гаванях, на железнодорожных вокзалах и проч.

Передача энергии с помощью пара встречается довольно часто. Котельное и машинное отделения не всегда находятся в одном здании, поэтому оба эти отделения необходимо соединять длинными трубопроводами; последние сначала изготовлялись из чугуна, но в виду все время увеличивавшегося давления пара их стали делать из стали, при чем для уменьшения утечки энергии в форме излучения тепла трубопроводы необходимо защитить каким-нибудь изолирующим слоем, например, асбестом.

Мы не можем здесь долго останавливаться на способе передачи энергии с помощью сжатого воздуха. Общий принцип такой передачи заключается в следующем: помощью особых машин для сжатия воздуха, или так называемых компрессоров, воздух сжимается до 6—7 атмосфер давления и затем по трубам поступает в цилиндр двигателя, где и толкает поршень. Особенной известностью пользуется центральная установка по распределению сжатого воздуха, устроенная в Париже инженером Поппом и являющаяся самой большой установкой такого рода в мире. Мощность обеих станций в установке Поппа равна 24 000 лошадиных сил.

Все описанные способы передачи энергии никоим образом не могут идти в сравнение с электрической передачей. Электрическая энергия может быть передаваема на расстояние легче и удобнее всех других видов энергии; это вытекает из свойств электрического тока, распространяющегося с колоссальной скоростью по проволоке и при надлежащем устройстве проводов дающего минимальные потери энергии. Конечно, когда мы говорим об электрической передаче, то мы вовсе не имеем в виду ту передачу энергии, какую мы можем наблюдать в звонковой проводке или, например, в телефоне. Речь идет о той электрической передаче, при которой на огромные порой расстояния передаются большие количества энергии, способные совершать огромную работу. Широкому распространению электрической передачи долгое время мешало несовершенство электрических машин и вообще слабое развитие электротехники. Начало беспримерного роста электротехники должно быть приурочено к 1879 году, когда появились лампочки накаливания и дифференциальная дуговая лампа Гефнер-Альтенека, а Вернер Сименс стал разрабатывать план первой электрической железной дороги для промышленной выставки в Берлине. Этот же 1879 год ознаменован целым рядом попыток устройства электрической передачи. Два французских инженера, Кретьен и Феликс, стали строить

электрические пилы и работающие электричеством элеваторы. В 1881 году в Париже заседал всемирный конгресс электротехников, положивший в основу измерений так называемую сантиметр-грамм-секундную систему. На этом-то съезде и выступил с докладом Депре, этот первый пионер в деле электрической передачи. На основании своих опытов и вычислений Депре утверждал, что при помощи обыкновенной телеграфной проволоки диаметром в 4 мм можно передать на расстояние в 50 км электрический ток мощностью в 16 лошадиных сил. На следующем конгрессе он уже мог демонстрировать электрическую передачу на расстояние в 57 км (между Мюнхеном и Мисбахом). Через несколько лет тот же Депре устроил передачу между Парижем и Крейлем (расстояние 50 км), при чем он брал для этого ток напряжением от 5 до 6 тысяч вольт при силе тока в 10 амперов. Оказалось, что места назначения достигла лишь одна треть подлежавшей передаче энергии. Конечно, такой большой процент утечки энергии практически совершенно неприемлем.

Столь большая потеря энергии объясняется в данном случае тем, что Депре пользовался машинами постоянного тока, который не поддается трансформации. Поэтому, если желательно передать на расстояние постоянный ток, то такие машины должны вырабатывать токи высокого напряжения, что возможно лишь до определенного предела. Электрическая передача оказалась технически осуществимой и экономически выгодной лишь тогда, когда для этого стали пользоваться переменным током, которому можно с помощью трансформатора придать огромное напряжение при соответственном уменьшении числа его амперов; уменьшение силы тока (числа амперов) позволяет также брать сравнительно более тонкий провод, что, конечно, значительно уменьшает стоимость такой передачи.

25-ое августа 1891 года является памятным днем в истории электротехники, — в этот день идея электрической передачи могла праздновать колоссальную победу, в этот день на электрической выставке во Франкфурте на Майне забил фонтан и загорелась тысяча ламп накаливания от тока, полученного в Лауффене на Неккаре, отстоящем от Франкфурта на 175 км.

II.

МУСКУЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

Когда бывший плотничный подмастерье Фридрих Борзиг разбогател настолько, что мог выступить в 1836 году в роли владельца завода и предпринимателя, он все-таки еще не имел в литейной мастерской своего „завода“ ни одного двигателя, и для раздувания мехов он нанимал солдат из ближайшей казармы. Но как только горнист начинал играть зорю, солдаты, не заботясь о литье, поспешно убегали в казарму, бросая все на произвол судьбы.

и тогда их заменяли мастера и ученики, — иначе остыла бы печь и пропало бы все питье. В другом досчатом сарае той же „фабрики“ Борзига по кругу конного привода шла лошадь, при чем каждые два часа такого хождения по кругу происходила смена лошадей, этих живых машин, принадлежавших знаменитой впоследствии фирме Борзиг. Итак, еще в XIX веке техника не сумела окончательно освободиться от пережитков старины, когда движущей силой служила исключительно сила людей и отчасти животных. И действительно, в течение очень многих столетий человек был машиной, а когда человек работает в качестве движущей машины, то его работа может получить численное выражение, как и работа всякой другой неодушевленной машины. Человеческое тело можно считать двигателем, в котором движущая сила образуется из теплоты, полученной при сгорании углерода, заключающегося в наших пищевых средствах. Но человек является с л а б о й машиной, превращающей в полезную механическую работу лишь от 6 до 15% той энергии, которая заключается в его пище; к тому же при десятичасовой работе мощность такой живой машины составляет лишь от $\frac{1}{18}$ до $\frac{1}{11}$ лошадиной силы. Увеличить мощность рабочей силы человека (и животных) можно было исключительно путем увеличения числа этих одушевленных машин. И действительно, только концентрируя и суммируя рабочую силу очень большого числа людей, и можно было без машин в теперешнем смысле слова выполнить такие работы, как постройку Хеопсовой пирамиды и т. д. Геродот рассказывает, что сто тысяч рабов в течение трех месяцев занимались перетаскиванием камней для пирамиды Хеопса, и что понадобилось десять лет предварительных работ для прокладки дороги от места добычи камня до Нила. И в греко-римскую эпоху мы находим огромные толпы рабов, которые для их жестокосердых господ являлись лишь мускульными машинами, работа которых обогащала рабовладельцев. Зомбарт в своей книге „Современный капитализм“ говорит: „Мы разбогатели от того, что целые племена и народы умирали за нас и целые части света обезлюдели“. Он при этом имеет в виду ввоз в Америку темнокожих рабов негров. И, конечно, варварами в сущности были не негры, массами погибавшие от непосильной работы, а те белые, которые выжимали все соки из этих несчастных людей-машин.

Большая мускульная работа требовалась для деижения по воде старых гребных судов, в которых на небольшом пространстве приходилось сконцентрировать довольно большое число гребцов. Командиры этих галер ударами бичей по обнаженным спинам этих живых двигателей добивались увеличения скорости движения галер.

Нужно отметить, что и машины, приспособленные для восприятия мускульных напряжений человека, устраивались с целью повышения их производительности так, что на них одновременно могло работать много людей. Ступальные колеса или топчаки строились столь широкими, что на них могли работать 20 и даже 50 человек.

В Англии такие колеса применялись еще 100 лет тому назад в тюрьмах и работных домах с принудительным трудом. Диаметр их колебался от 1,5 до 2,13 м, по окружности колеса было устроено 24 ступеньки, а число шагов в минуту колебалось между 32 и 87.

К этой тяжелой работе привлекались также и заключенные женщины. Находились столь лицемерные англичане, которые утверждали, что эта работа на ступальных колесах „нисколько не вредила здоровью даже матерей, кормящих грудью своих младенцев“, и что такая работа „оказывала прекрасное моральное влияние“. И это в то время, когда достоверно известно, что после 5—6-месячной работы на галерах гребцы погибали от кровохарканья, а у работающих на ступальных колесах уже через 7 минут буквально течет пот.

Все это мы привели исключительно с той целью, чтобы читатель наглядно убедился, какое значение имела замена живых рабов железными рабами, машинами, и сколько тяжелых страданий отошли в прошлое благодаря введению машин, устранивших ту невероятную жестокость, которая превращала значительную часть трудящегося человечества буквально в рабочий скот.

О топчаке впервые упоминает около 230 года до нашей эры механик Филон из Византии. Римский инженер Витрувий описывает два рода ступеньчатых колес. В одних колесах, предназначенных, главным образом, для подъема грузов, люди топчутся внутри колеса, имеющего в диаметре 4 м, в других же, предназначенных для подъема воды на известную высоту, человек ходит по наружной окружности колеса. Первые технические детали устройства топчаков мы узнаем из многих набросков Леонардо да Винчи. Между прочим, в этих набросках мы впервые встречаем ступеньки на наружной поверхности колеса; при таком устройстве человек работает не только силою ручных мышц, но и силою тяжести своего тела. Часто такие колеса приводились в движение силою не людей, а животных, при чем в этих случаях нередко встречались колеса с наклонно поставленной осью (рис. 33). Вокруг этой наклонной оси движется круг, по которому, как по наклонной плоскости, как бы поднимаются быки. Как видно из рисунка, взятого из книги падуанского городского архитектора Витторио Цонка (1607), это ступальное колесо приводило в движение мельницу (на левой стороне рисунка).

Ступальные колеса обладают недурным коэффициентом полезного действия, недостатком же этих колес является то, что они занимают сравнительно много места, и работа на них чрезвычайно вредна для здоровья.

На ряду с топчаком излюбленной движущей машиной древности был так называемый конный привод. О конно-приводных устройствах упоминает еще Витрувий, книга которого является сводкой всех технических познаний древних римлян. Агрикола, произве-

дения которого могут служить прекрасным материалом по истории техники средних веков, оставил нам описание конных двигателей, применявшихся для подъема руды из рудников. Описанные Агриколой конно-приводные двигатели имеют громадные размеры, при чем в них впрягались четыре пары лошадей. Двигатели эти вращали большой барабан, на который наматывалась цепь одновременно с тем, как другая цепь разматывалась.

Так как концы цепей были соединены с рудо-подъемными клетками, то при опускании одной клетки другая поднималась с рудой. После этого перепрягали лошадей в противоположную сторону и продолжали работу.

Очень интересное конно-приводное устройство придумал в 1580 году итальянский инженер Помпео Таргоне. Изобретенная им мельница на повозке, или полевая мельница, вскоре получила

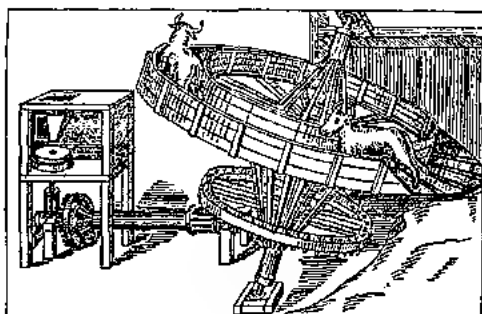


Рис. 33.

NOVA INVENTIONE DE MOLINI PER MACINARE, ET CONVERIRE IN GUERRA INVENTATI
DAL SIGNOR POMPEO TARGONE INGEGNERO DELL' ECC.^{MA} SIGNOR AMBROSIO
SPINOLA GENERALE PER LA MAESTA CATOLICA IN FIANDRIA.

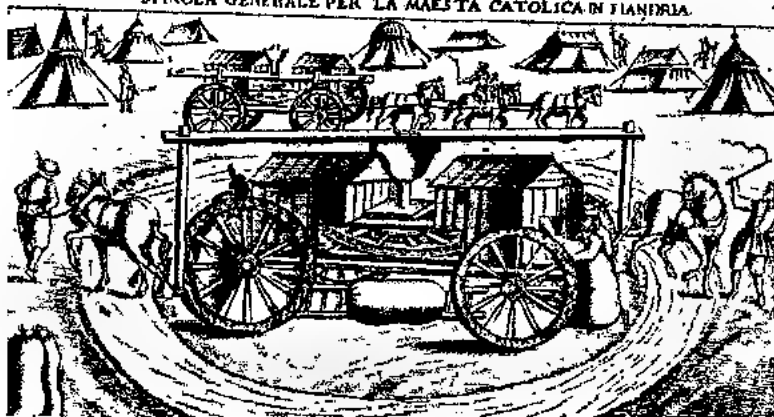


Рис. 34.

широкое распространение в армии. Такая полевая мельница изображена на рис. 34. Мы видим здесь на заднем плане телегу с двумя поставленными по краям, закрытыми на случай дождя мельницами, а на переднем плане рисунка изображена та же повозка-мельница,

но уже в действии при движении лошадей по кругу вращается горизонтально лежащая зубчатка, передающая движение мельничным жерновом обеих мельниц.

Оригинальное соединение древнейшего плечевого двигателя с новейшим научным достижением мы видим на рис. 35, изображающем применение искомого привода для получения рентгеновских лучей.

Конный привод для одной или двух лошадей вращает маленькую динамическую, деловую тысячу оборотов при пяти оборотах лошадей по кругу. В переносный рентгеновский аппарат таким путем вводится ток напряжением в 30 вольт и силой в 10 амперов, либо же этим током можно зарядить аккумуляторы. Такие конно-приводные динамомашинки находят себе применение на войне, по обозначению боя артиллерийские лошади, издавна только перемывавшие пушки, впрягаются в такую динамическую, при чем



Рис. 35.

рентгеновские лучи, получающиеся при их работе, содействуют скорейшему излечению в теле человека пуль и осколков снарядов. Техника „и ранит и лечит“.

Подводя итог всем приведенным данным, касающимся мускульных двигателей, мы должны указать, что с их помощью может быть произведена лишь небольшая работа. Увеличение производительности мускульных двигателей может быть достигнуто лишь путем количественного увеличения рабочей силы, т.-е. путем увеличения числа людей или животных.

И, конечно, в наше время быстрого развития техники, когда человек научился, например, строить двигатели внутреннего сгорания, обладающие весом в 1 кг на каждую лошадиную силу, мускульные двигатели, вес которых при том же расчете на 1 лошадиную силу во много раз больше, не могут претендовать на зна

чительную роль и являются теперь как бы пережитком технической отсталости прежних эпох.

Технический прогресс в эпоху машин тем и характеризуется, что человек все больше и больше отделяется от машины, освобождаясь в то же время от гнетущего тяжелого физического труда и все больше и больше приобщаясь к одухотворяющему труду.

III.

ВЕТРЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ (СИНИЙ УГОЛЬ).

Человек поработил вольный ветер и заставил его работать для передвижения по рекам и широкому простору морей парусных судов гораздо раньше, чем он научился пользоваться энергией ветра для приведения в движение различных машин и двигателей. И хотя с тех пор прошло много веков, но и теперь еще нам приходится считаться с капризами ветра, сила которого подвержена резким колебаниям. Ветер таит в себе огромную энергию, которая, к тому же, посылается нам природой совершенно бесплатно, и если бы мы могли целиком использовать энергию ураганов и бурь, то человечество было бы вполне обеспечено движущей силой для всех своих хозяйственно-технических нужд.

Конечно, в известном смысле и парус является ветряным двигателем, но мы не будем здесь касаться паруса и сразу перейдем к рассмотрению ветряных мельниц. Древние народы совсем не были знакомы с таким способом перемалывания зерна. Первые достоверные сообщения о ветряных мельницах мы находим не раньше начала XII века: сохранился документ, из которого видно, что в 1105 году монахам одного монастыря во Франции было выдано разрешение на постройку ветряной мельницы. В Англии ветряные мельницы появились в XII веке, а в Испании в 1392 году. О внутреннем устройстве старых ветряных мельниц мы кое-что узнаем из рукописи одного неизвестного инженера, писанной в эпоху гуситских войн, примерно в 1430 году. В средние века, когда люди еще и понятия не имели о тех колоссальных мощностях, которые получают в современных двигателях, ветряная мельница, изобретение которой приписывают немцам, обладала достаточной для того времени продуктивностью. И это несмотря на то, что около трети года ветряная мельница принуждена была бездействовать. Исторически первым появился тип так называемой немецкой ветряной мельницы. Устройство такой мельницы в общем очень простое: ветер вращает крылья мельницы, вместе с тем вращая вал, который при помощи конических зубчатых колес передает вращение мельничному поставу. Весь корпус мельницы может быть повернут с помощью особого рычага, прикрепленного к столбу. Такая мельница развивает около 10 лошадиных сил.

Первым усовершенствованием этой примитивной формы ветряных мельниц, еще и теперь встречающейся на многих холмах южно-русских степей, явилась конструкция так называемых голландских ветряных мельниц, изобретение коих приписывается одному фламандцу, жившему в середине XVI столетия. Корпус такой голландской мельницы устраивается неподвижным, а для установки крыльев по ветру поворачивается верхняя часть — шатер мельницы. Голландской такая мельница называется не совсем пра-

вильно, потому что первые сообщения о такой мельнице мы имеем не из Голландии, а из Италии.

В одной рукописи Леонардо да Винчи, написанной им между 1497 и 1502 гг., мы находим изображение мельницы с вращающейся крышей: по верхнему краю кирпичного корпуса мельницы проложен изогнутый по кругу рельс, по которому на колесиках и вращается крыша или шатер с крыльями. На рис. 36 мы даем наглядное изображение голландской ветряной мельницы, шатер которой с целью установки крыльев по ветру можно поворачивать, толкая идущие от шатра вниз брусья. Внутреннее же устройство голландских



Рис. 36.

ветряных мельниц мало чем отличается от примитивного устройства предшествовавшей ей немецкой мельницы.

Тем не менее голландские мельницы приносили человеку порядочную пользу при размоле зерна, при осушительных и водоподъемных работах.

В 1648 году голландский инженер Лерфатер (Leegvater) предложил для осушки все более и более наступающего на материк Гарлемского моря построить 160 больших ветряных мельниц, а в 1740 году с этой же целью поставлено было 112 насосов, работавших силой ветряных мельниц, но все эти устройства, возникавшие на протяжении многих веков, не дали человеку власти над

стихийно разрушительным натиском моря, и только паровая машина сумела отвоевать человеку большие пространства у моря и превратить их в плодородную равнину.

Никакого заметного прогресса в устройстве ветряных мельниц нельзя отметить почти до наших дней, и понятно, что с наступлением эпохи мощного развития машиностроения такой слабый двигатель, как ветряная мельница, должен был невольно стухать, оставаясь где то на задворках техники. Машиностроители, у которых было достаточно дела в других областях техники, сравнительно поздно обратили свое внимание на ветряную мельницу, при чем первым проявлением такого внимания было то, что при постройке ветряных двигателей стали заменять дерево железом и сталью. И такая замена дерева металлом совершенно преобразила внешний вид ветряной мельницы: тяжелая неуклюжая постройка была заменена высоким легким устройством из железа с грациозным колесом. Впрочем, изменился не один внешний вид мельницы. Так как мы теперь знакомы с механикой напора ветра, то мы в состоянии придать ветряным колесам рациональную форму; далее, путем уменьшения веса колеса и устранения излишних трений мы можем значительно повысить работу ветряного двигателя и чувствительность колеса даже к слабому сравнительно ветру. Помимо того, так как к ветряному двигателю мы должны предъявлять требование равномерной работы, то техникам пришлось придумать устройство, которое автоматически регулировало бы число оборотов колеса и, следовательно, отдачу им энергии.

Само собой разумеется, что колеса мельницы устанавливаются на более или менее значительной высоте, дабы уловить вольный ветер в более высоких слоях воздуха. Для устройства мельницы выбирают возвышенное место с таким расчетом, чтобы колесо было выше близлежащих деревьев, холмов и зданий.

Нужна двойная установка колеса ветряного двигателя: во-первых, по направлению ветра и, во-вторых, сообразно силе ветра. Как известно, ветряная мельница работает оттого, что ветер попадает на наклонно поставленные крылья, при чем крылья, уступая давлению ветра, начинают равномерно вращаться. Поэтому чем сильнее ветер, тем больше число оборотов колеса, а для уменьшения слишком большого числа оборотов при очень сильном ветре необходимо уменьшить поверхность крыльев. При обыкновенных ветряных мельницах это достигается тем, что просто вынимают отдельные пластины (щиты) крыльев, уменьшая таким образом давление ветра на крылья мельницы. В современных же ветряных колесах такая регулировка давления производится особым автоматически действующим устройством. Принцип такого устройства заключается в том, что в зависимости от силы ветра при помощи небольшого груза, являющегося в данном случае центробежным регулятором, меняется положение крыльев по отно-

шению к ветру, а именно: при сильном ветре, вращающийся вместе с колесом груз развивает значительную центробежную силу, которая при помощи рычажного устройства наклоняет подвижные пластинки колеса, и ветер свободно может проходить между ними. Когда же ветер стихает и скорость вращения колеса уменьшается, то и груз приходит в свое первоначальное положение, а пластины автоматически устанавливаются так, что ветер оказывает давление уже на более значительную поверхность. Такое автоматическое регулирование мы находим в американских ветряных двигателях системы Галладея (рис. 37 и 38).

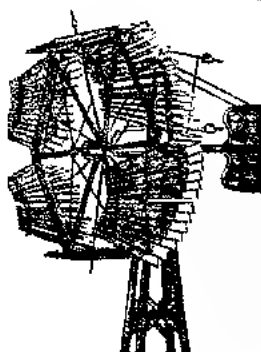


Рис. 37.

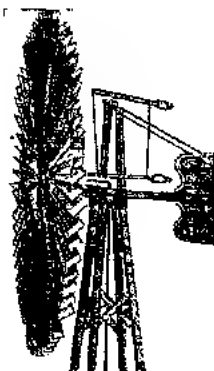


Рис. 38.

Что касается автоматической установки колеса по направлению ветра, то обычно это производится с помощью флюгера, лежащего на продолжении оси вращения колеса. Флюгер устанавливает колесо по направлению ветра, а это возможно лишь при легкой конструкции колеса и минимальном трении при таких поворотах. Не вдаваясь в подробное описание других систем современных ветряных двигателей (Рейнша и др.), упомянем про двигатель Зеренсена, представляющий как бы возврат к форме крыльев старой голландской мельницы (рис. 39 и 40). Двигатель Зеренсена имеет шесть отдельных лопастей, состоящих из шести пластин каждая. На указанных двух рисунках мы можем наглядно видеть положение этих пластин во время сильного ветра и при слабом ветре. В первом случае пластины устанавливаются к ветру своими ребрами, а при слабом ветре пластины подставляют ветру всю свою поверхность. Такой двигатель развивает до сорока лошадиных сил и находит себе применение не только для мельниц, но и для разных других установок. Таким двигателем, между прочим, было снабжено направлявшееся к южному полюсу судно „Гаусс“; когда судно не могло двигаться из-за льдов, то ветряный двигатель вращал динамомашину для освещения и тем самым экономил расход угля.

Колоссальное ветряное колесо для осветительной установки устроил один американский электротехник Бруш в своем имении. В своем парке он воздвиг высокую железную башню и на этой башне поставил ветряное колесо, диаметром в 17 метров; колесо состоит из 144 пластин, сгруппированных в отдельные секторы. Оно устанавливается по направлению ветра с помощью направляющего крыла длиной в 18 метров, а установка пластин соответственно силе ветра производится автоматически. Поверхность, на которую давит ветер, достигает 160 квадратных метров. При вращении вала колеса, широкий перекинутый через него ремень вращает другой, передаточный вал, при чем два ремня передают это вращение динамомашине, находящейся в нижнем этаже Динамо-

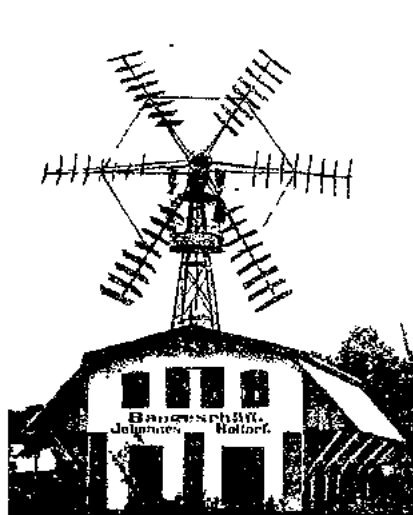


Рис. 39.

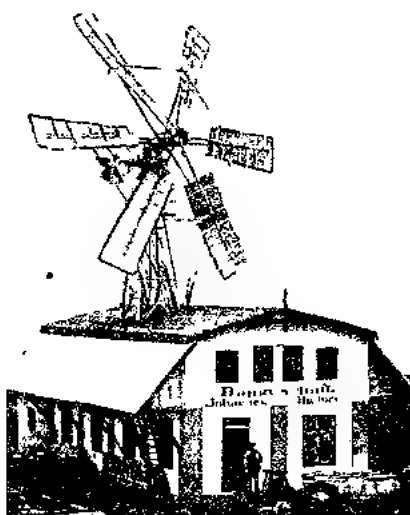


Рис. 40.

машина делает до 800 оборотов в минуту, развивая до 12 000 ватт. При помощи такого ветряного двигателя достигается освещение здания 350 лампами накаливания. Такая установка обходится, конечно, дорого, так что с хозяйственно-экономической точки зрения ее следует признать невыгодной, несмотря на совершенно даровую силу ветра.

Когда техники стали уделять много внимания ветряным двигателям, появилось довольно много систем ветряных колес. Вкратце укажем некоторые из них. Так как при большом числе подвижных частей колеса последнее должно быть достаточно солидным и массивным, а это в свою очередь уменьшает чувствительность колеса к слабому ветру, то стали переходить к устройству запаян-

ных колес без подвижных частей, при чем в этих двигателях, называемых также ветряными турбинами, автоматическое регулирование силы давления ветра производится с помощью бокового направляющего крыла, или флюгера. Такие стальные турбины, не имеющие подвижных частей, на практике доказали свои преимущества перед разобранными типами ветряных двигателей в отношении прочности, продолжительности работы и развиваемой мощности.

Появились ветряные двигатели с горизонтальным колесом, или собственно ветряные турбины. Попытки устройства таких турбин насчитывают давность в несколько сот лет, но они не получили распространения, так как всем таким турбинам присущ один крупный недостаток, а именно: полезная действующая поверхность двигателя с горизонтальным колесом всегда меньше, чем у обыкновенных ветряных мельниц при той же общей поверхности крыльев, к тому же давление ветра на одну сторону турбины может быть до известной степени парализовано напором ветра и на другую сторону.

Ветряные двигатели в настоящее время все более и более совершенствуются, область их применения все более расширяется, а чувствительность двигателей и к незначительному ветру все увеличивается. Современные ветряные двигатели реагируют уже на ветер, дующий со скоростью около трех метров в секунду, а такой силы ветер, как установлено статистикой, бывает 250 — 300 дней в году. Надо думать, что конструкция ветряных двигателей еще более усовершенствуется, но, пожалуй, никакая конструкция двигателей не устранил основного недостатка самого источника энергии — непостоянства ветра. И теперь уже, правда, мы обладаем кое-каким коррективом капризов ветра. Так, например, избыток работы ветряного двигателя, применяемого при водокачках, мы стараемся использовать для наполнения водой больших резервуаров и запасами этой воды пользуемся в безветренные дни. Таким же образом и электрический аккумулятор может служить нам резервной батареей, из которой мы черпаем энергию в короткие промежутки полного затишья.

Главной областью применения ветряных двигателей является сельское хозяйство, где они с выгодой применяются для целей водоснабжения, для осушки болот и пр. Кроме того, ветряный двигатель в сельском хозяйстве является естественным приемником старой ветряной мельницы, находя свое применение при размоле зерна, молотьбе и проч. В мелком ремесле ветряный двигатель заставляет работать сверлильные и токарные станки, ленточные и круговые пилы, а также применяется для освещения маяков и снабжения железнодорожных станций водой. Употребляемые в настоящее время ветряные турбины развивают от $1\frac{1}{2}$ до 20 лошадиных сил.¹

¹ За последние годы под влиянием успехов авиации были выработаны новые типы крыльев ветряных мельниц, похожие на крылья аэроплана; найдено, что такие крылья дают больший коэффициент полезного действия.

В самое последнее время в Германии, под влиянием вызванного войной угольного голода, возникают различные проекты возможно большего использования силы ветра. Например, немцы серьезно обсуждали проект устройства на берегу Северного моря, на участке между Эльбой и Везером в 5000 гектаров, огромного числа ветряных двигателей из расчета одного двигателя в 10 лошадиных сил на один гектар.

Казалось бы, что таким путем нетрудно было бы извлекать из ветра до 50 000 лошадиных сил. Однако практическому осуществлению этого на первый взгляд заманчивого проекта мешают два момента: большая затрата на сооружение такого большого числа двигателей и техническая нежелательность распыления энергии по целому ряду отдельных двигателей.

IV.

ВОДЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

Первые сообщения о применении вододействующих колес мы находим у жившего в III веке до нашей эры Филона из Византии. Таким колесом он приводил в движение цепь с прикрепленными к ней ковшами для вычерпывания воды.

После Филона вододействующие колеса стали применяться главным образом в мельницах, отчего их и теперь еще часто называют неправильно — мельничными колесами. Точно установить время появления первого вододействующего колеса нельзя; нам известно лишь, что в 88 году до нашей эры у Митридата VI была в Малой Азии водяная мельница, а через 25 лет римский поэт Лукреций упоминает о „колесах, вращаемых реками“. Живший в эту же эпоху поэт Антипатр поет:

„Перестаньте трудиться, вы, служанки, работающие на мельницах. Вы можете спокойно спать, и пусть теперь птицы своим пением приветствуют утреннюю зарю, ибо Церера приказала наядам исполнять вашу работу. Повинуясь приказу, наяды бросаются на колеса и, вздымая сильные волны, тем самым заставляют работать тяжелую мельницу“.

Первое подробное описание водочерпательных колес и водяных мельниц мы находим у знаменитого римского инженера Витрувия. Его водочерпательное колесо представляет нижнебойное вододействующее колесо, по окружности которого устроено довольно большое число ящиков, наполнявшихся водой при погружении в воду и затем поднимавших эту воду вверх. Таким образом речную воду можно поднять на высоту, равную диаметру колеса. Водяная мельница, по описанию Витрувия, представляет горизонтально лежащий брус, на который насажено нижнебойное колесо; вращение этого бруса при помощи зубчаток передается валу мельничного постава.

Древние римляне были знакомы с применением вододействующих колес на лесопилках. Плиний Старший упоминает про мельницы, на которых производилось разрезание мрамора. Особый вид водяной мельницы мы находим в 536 году, когда происходила осада Рима остготами. Осаждавшие отвели воду от всех водопроводов, приостановив тем самым работу всех городских мельниц. Но Велизарий распорядился поставить мельницы на небольшие суда, стоявшие на реке Тибре, сила течения которого вращала колеса мельниц. Тогда король остготов Витигес велел пустить по реке толстые бревна с целью разрушить эти суда, но осажденные протянули поперек Тибра цепь, задерживавшую эти бревна.

Это изобретение судовых мельниц чрезвычайно расширило область применения вододействующих колес, а в VIII веке водяные мельницы распространились по всей Европе.

Начиная с XIV века, вододействующие колеса приводят в движение целый ряд самых разнообразных машин (лесопильных, шлифовальных и т. п.). Георг Агрикола, живший в XVI веке, оставил нам подробное описание наливного колеса, применявшегося для подъема воды. Когда на поверхность появлялось ведро, наполненное водой, рабочий, стоявший наверху в будке, прекращал на время приток воды, и затем снова пускал колесо в ход, но только в обратном уже направлении. Такое устройство (рис. 41) позволяло зачерпывать воду поочередно то одним ведром, то другим.

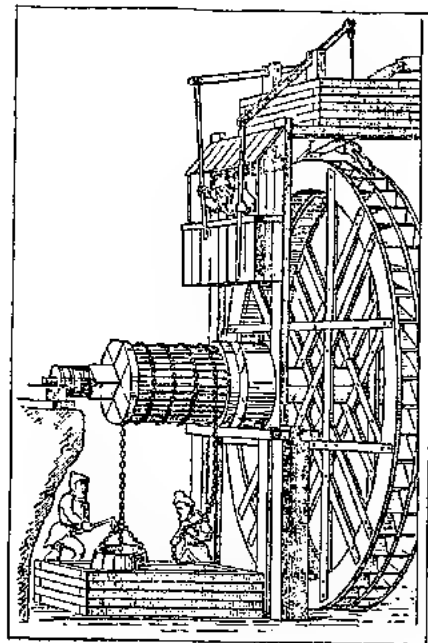


Рис. 41.

В конце XVI века мы находим одно интересное сооружение, работавшее силою воды. Устроил его голландский инженер Раннекен для обслуживания величественных фонтанов в садах Версаля. На высоте 163 метров над уровнем Сены Раннекен устроил огромный резервуар, куда вода накачивалась с помощью 255 насосов. Последние приводились в движение 14 вододействующими колесами, имевшими в диаметре 8 метров. Сооружение это, составлявшее предмет гордости короля-солнца, являлось величайшей силовой станцией, построенной до изобретения паровой машины. И все же общая производительность грандиозных по тому времени

машин лишь немногим превышала 200 кубических метров воды в час.

С появлением „Гидромеханики“ знаменитого базельского физика Бернулли в 1738 году, началась новая эпоха в строительстве вододействующих колес, характеризующаяся тем, что здесь впервые дана была теоретическая разработка вопроса о вододействующих колесах. Дальнейшей разработкой теории мы обязаны англичанину Смитону и Депарсье; последний доказал в 1753 году, что, действуя давлением, вода совершает большую работу, чем в том случае, когда она действует толчком, ударом. После этого нижнебойные колеса были окончательно оставлены.

Вододействующие колеса в зависимости от места входа воды в колесо делятся на верхненаливные, средненаливные и подливные, или верхне-, средне- и нижнебойные (рис. 42).

В старину вододействующие колеса изготовлялись целиком из дерева, а теперь дерево окончательно вытеснено сталью и железом. Но и эта замена не могла заметно поднять значение этого рода двигателей, так как этой заменой не устранялась ограниченность области их применения лишь теми районами, в которых существует естественные водопады. Ведь в то время еще не имели представления о возможности передачи энергии на далекое расстояние, и только в новейшее время, когда человек научился передавать энергию в форме электрического тока на большие расстояния, водяные двигатели приобрели колоссальное значение для всей промышленной жизни.

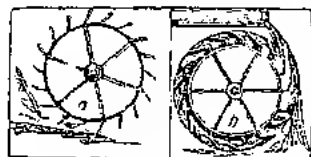


Рис. 42.

Но при этом водяное колесо должно было уступить место водяной турбине, и если теперь говорят о водяных двигателях, то главным образом и имеют в виду турбины. От вододействующего колеса турбина отличается тем, что в ней вода оказывает свое действие на лопасти не ударом и не своей тяжестью, а постепенной отдачей заключающейся в ней энергии путем изменения скорости и направления течения. Правда, такой способ действия мы отчасти наблюдаем и в подливных колесах, но отличие турбины от подливного колеса заключается в том, что в ней вода входит и выходит из лопаток не на одинаковых местах, а непрерывно протекает по лопаткам. В настоящее время под вододействующими колесами подразумевают большие, тяжелые, медленно вращающиеся лопастные колеса, а под турбиной, этим детищем новейшего машиностроения, подразумевают быстро вращающуюся, легко или автоматически регулируемую силовую машину.

Исторически турбинам предшествовали так называемые горизонтальные вододействующие колеса. Еще Леонардо да Винчи, как видно из дошедших до нас гениальных его набросков, инте-

ресовался горизонтальными водяными колесами; на рис. 43 изображено горизонтальное вододействующее колесо XVI века с сложкообразными лопатками. В XVIII веке мы находим так называемое колесо Сегнера, являющееся прообразом реактивной турбины. Сегнер не только теоретически исследовал работу такого колеса, но также широко использовал его на практике для получения энергии. Принцип действия колеса Сегнера, как известно, очень простой: при вытекании воды из отверстий в сосуде, направленных в одну сторону, получается сила реакции, отдачи, которая может быть использована для вращения всего прибора в направлении, обратном движению выливающейся воды. В XIX веке появляется турбина Фурнейрона — в 1833 году, турбина Геншеля-Жонваля в 1841 году, через 8 лет американец Фрэнсис изобрел турбину, названную его именем, и, наконец, в 1863 году появляется турбина Жира.

Мы не можем здесь дать подробное описание всех этих турбин,

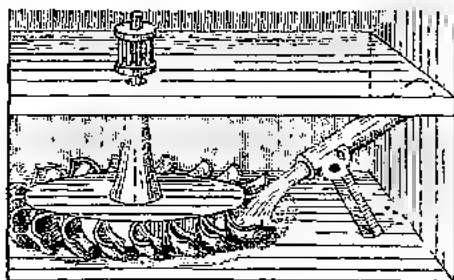


Рис. 43.

направляющего колеса, и так называемого рабочего колеса. Через неподвижное направляющее колесо вода поступает на лопатки рабочего колеса, которое и приводится водой в более или менее быстрое вращательное движение.

Отличие же турбин различных систем в сущности сводится к различию в форме лопаток, способе впуска воды и направлении движения воды в самой турбине.

Как мы видели из исторического обзора развития турбинного дела, первой турбиной в современном смысле слова была турбина Фурнейрона. В 1833 году была назначена премия за изобретение водяного двигателя с коэффициентом полезного действия в 80%. Премия за такой практически выполненный механизм досталась Фурнейрону. Его конструкция оказала громадное влияние на дальнейшее развитие постройки турбин. Много специалистов-инженеров в свое время приезжало в St. Blasien, глухой уголок Шварцвальда, чтобы ознакомиться на месте с работой турбины, считавшейся в то время достопримечательностью. И, действительно, в то время еще не были знакомы ни с таким напором воды,

потому что нас не столько интересуют детали конструкции, о которых можно узнать из специальных руководств, а лишь общая картина технического прогресса в деле использования человеком энергии падения воды. Укажем поэтому вкратце, что всякая современная турбина состоит из двух частей, а именно: из неподвижного направляющего аппарата, или

ни с такой мощностью при сравнительно небольших размерах. С высоты 108 метров вода по крепким трубопроводам подводилась к колесу турбины, имевшему в диаметре лишь 0,55 метра; колесо турбины делало 2300 оборотов в минуту и развивало около 40 лошадиных сил. В настоящее время, конечно, трудно удержаться от улыбки по адресу тех инженеров, которые смотрели на турбину Фурнейрона как на достопримечательность. Всего 40 лошадиных сил, — какая мизерная производительность по сравнению с мощностью современных турбин!

Из современных турбин наибольшее значение имеют турбины Фрэнсиса (рис. 44) и колеса Пельтона (рис. 45). В турбинах Фрэнсиса вода вступает в рабочее колесо перпендикулярно оси, затем отклоняется в рабочем колесе на прямой угол и оста-

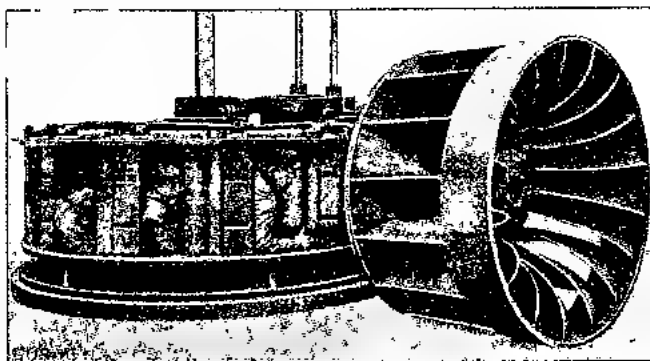


Рис. 44.

вляет турбину в направлении ее оси, при чем в направляющем колесе вода движется снаружи внутрь. На рисунке, изображающем турбину Фрэнсиса, мы видим молодых учеников, забравшихся в каналы направляющего колеса с целью показать, что большие размеры каналов исключают опасность закупорки турбины загрязняющими воду примесями, случайно попавшими частями растений и проч. На правой стороне рисунка находится вынутое из турбины рабочее колесо, при чем отчетливо видна форма лопаток. В турбинах Фрэнсиса можно устроить лопатки направляющего колеса наподобие открывающихся и закрывающихся жалюзи и таким путем регулировать и изменять количество протекающей в турбину воды. Рабочее колесо турбины Фрэнсиса может иметь чрезвычайно разнообразную форму и различную величину; число его оборотов может колебаться в широких пределах, почему турбина Фрэнсиса оказывается весьма пригодной при всевозможных условиях, какие встречаются на практике при водяных установках. Если высота падения воды невелика, но запас воды велик, то для

получения большого числа оборотов можно на общую ось установить несколько маленьких турбин. Коэффициент полезного действия турбины Фрэнсиса составляет 86% заключающейся в воде энергии. Это обстоятельство, а также возможность регулировать напор воды заставляют думать, что и в будущем эта турбина будет служить человеку прекрасным средством извлечения из воды заключающейся в ней энергии.

От турбины Фрэнсиса перейдем к так называемому колесу Пельтона (рис. 45). В этой турбине колесо усажено по окружности целым рядом ковшеобразных лопаток; вода действует на эти стальные полированные ковши не ударом, а таким путем, что, рассекаясь средним выступом на две половины, она скользит по закругленным стенкам ковшеобразных лопаток, по пути отдавая им свою живую силу. Колесо Пельтона изобретено в Америке, где оно стало применяться с 1884 года. Область применения таких колес чрезвычайно обширна, при чем мощность их колеблется от $\frac{1}{30}$ до десятков тысяч лошадиных сил. Их можно соединять с динамомашинами, круглыми пилами и т. п., при чем небольшие рабочие машины могут приводиться в движение колесами Пельтона, работающими водой из городской водопроводной сети.

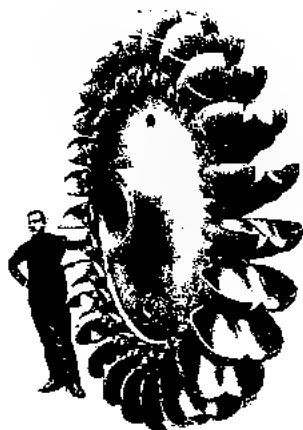


Рис. 45.

Современные турбины отличаются высоким коэффициентом полезного действия (86—90%), большим числом оборотов в минуту и автоматическим регулированием.

Для техники наибольшее значение имеет высокий коэффициент полезного действия турбин. Для достижения таких результатов потребовалась научная разработка вопроса о наилучших формах лопаток, каналов, о путях движения воды, и, кроме того, понадобился весь прогресс техники обработки металлов для того, чтобы от простого тяжелого вододействующего колеса дойти до современной турбины.

Только современные турбины дали человеку возможность использовать для своих нужд тот огромный запас энергии, который заключен природой в „белом угле“, и современная техника поистине может гордиться этим. Именно техника, доведшая конструкцию турбин до крайнего совершенства, покорила человеку стихийную силу таких водных гигантов, как, например, Ниагарский водопад. Ведь в этом водопаде природа сконцентрировала мощность в 7 000 000 лошадиных сил. До 1921 года из этого количества

использовано лишь около 12%, но ведь не надо забывать, что только в 1896 году взялись как следует за устройство электрических станций, работающих силой падения воды в Ниагаре. С этой целью в указанном году установлены были 14 турбин Фрэнсиса общей мощностью в 33 000 лошадиных сил. Когда этот опыт оказался удачным, то за ним последовали новые, еще более грандиозные установки — и в результате теперь извлекают из Ниагары 1 150 000 лошадиных сил (считая еще не законченную станцию в Кингстоне).

Электротехника стала шагать семимильными шагами именно с того момента, когда турбины покорили человеку столь огромные количества водной энергии. Как мы уже говорили, вододействующие колеса не могли послужить толчком для прогресса техники именно в виду связанности их с местом потребления энергии, и эта связанность, ограниченность определенными местностями была уничтожена прогрессом электротехники.

Эта тесная связь между энергией воды и электричеством с каждым годом все усиливается и усиливается, при чем в настоящее время по многочисленным медным и алюминиевым проводам текут миллионы лошадиных сил и напряжения свыше 100 000 вольт. И эта связь, несомненно, ляжет в основу будущей промышленности и в недалеком будущем совершенно преобразит всю нашу хозяйственную жизнь, которая должна передвинуться из угольных районов в местности, богатые водной энергией.

Обращаясь к странам, обладающим большими запасами „белого угля“, мы видим, что Италия могла бы использовать больше 4 000 000 лошадиных сил, сэкономив тем самым миллиарды на угле. В настоящее время в Италии уже эксплуатируется около 1 миллиона лошадиных сил, что, конечно, не могло не отразиться благотворно на экономическом положении Италии. В альпийских горных местностях, принадлежащих Австрии, таится свыше 6 000 000 лошадиных сил, из коих теперь использовано меньше 10%.

Франция располагает запасом „белого угля“ в 5 с лишним миллионов лошадиных сил, из коих использовано пока около 1 миллиона. Намечена электрификация железнодорожных линий Париж — Лион — Средиземное море, Париж — Орлеан и южных дорог путем использования водной энергии, таящейся во Французских Альпах. В Испании в настоящее время из воды извлекается около 400 000 лошадиных сил, но так как запасы „белого угля“ составляют около 5 000 000 лошадиных сил, то для Испании в этом отношении будущее рисуется довольно благоприятно. То же самое мы можем сказать и про скандинавские государства: в Швеции можно в ближайшие годы добыть 1 000 000 лошадиных сил, а в Норвегии около 1½ миллионов. В Англии попрежнему продолжается расхождение каменного угля, — из имеющегося миллиона лошадиных сил „белого угля“ пока использовано меньше 10%. Германия в этом отношении значительно опередила Англию, так как, владея при-

близительно $1\frac{1}{2}$ миллионами лошадиных сил водной энергии, она уже сейчас эксплуатирует свыше 43% этого запаса. Богата „белым углем“ Канада, но из имеющихся там 20 миллионов лошадиных сил пока использовано 9% . Не отстают и японцы, сумевшие уже извлечь из воды свыше 350 000 лошадиных сил и собирающиеся устроить на острове Формозе новую гидростанцию, рассчитанную на 70 000 лошадиных сил. Образцовую гидроэлектрическую установку японцы создали в своей столице Токио. Ток передается на расстояние в 230 километров при напряжении в 115 000 вольт.

В водных богатствах СССР заключается мощность в 41 миллион лошадиных сил. Волховская гидроэлектрическая станция в ближайшее время даст Ленинграду 30 000 киловатт. Разработан проект гидроэлектрической установки на Днестре, близ города Александровска, на 850 000 лошадиных сил.

И ежегодно то здесь, то там возникают новые, еще более смелые, еще более грандиозные проекты, и эта смелость и грандиозность свидетельствуют нам о той уверенности, с которой техника, опираясь на точные выводы науки, преобразует жизнь и самое лицо земли соответственно растущим потребностям человека.

V.

ПАРОВЫЕ МАШИНЫ.

Пар несомненно является одним из самых мощных носителей культуры, и люди, которым принадлежит честь изобретения паровой машины, должны почитаться наравне с величайшими благодетелями человеческого рода.

Обращаясь к истории паровой машины, мы должны отметить, что в зависимости от того, что понимать под паровой машиной, ее история насчитывает 2000 лет или же всего каких-нибудь двести лет. Конечно, паровая машина в роли двигателя, работающего силой пара и создающего те или иные материальные ценности, появилась лишь в XVIII веке, но, с другой стороны, нельзя отрицать, что с силой пара человек был знаком очень давно. Уже за 120 лет до нашей эры живший в Александрии греческий физик Герон устроил аппарат, приводимый во вращательное движение силою пара. Этот вращающийся Геронов шар, а равно и другие более или менее интересные физические аппараты, описание коих мы находим в средневековых книгах, не могут, конечно, претендовать на название паровых машин в современном значении слова. Геронов шар, в частности, представляет исторический интерес постольку, поскольку он является как бы прообразом современных паровых турбин. В дошедших до нас рукописях Леонардо да Винчи мы находим проект орудия, которое может выбрасывать ядра с помощью силы пара.

В течение всех средних веков паровая машина оставалась игрушкой, которой забавлялись в свободное от занятий время, и только иногда случавшиеся при этом взрывы указывали на опасный характер этой игрушки. И лишь в XVIII веке из этой игрушки выросла настоящая рабочая машина. Машина развивалась сравнительно медленно, ибо лишь в XVII веке люди узнали, что воздух имеет вес и что существует воздушное давление.

Это великое открытие Торичелли, сделанное им в 1643 году, и привело к созданию первых поршневых атмосферных машин. Над углублением открытия Торичелли и извлечением из него практической пользы работало много ученых во Франции, Англии и Голландии.

Первые робкие еще шаги в этом направлении привели к созданию так называемых пороховых машин. Если произвести в цилиндре взрыв небольшого количества пороха, то после подъема поршня под ним образуется разреженное пространство, так как выходящие из цилиндра пороховые газы увлекают с собой и часть находящегося там воздуха. Это разреженное пространство в силу разности давления на обе стороны поршня вызывает опускание поршня. Работа такой примитивной пороховой машины находится в известном соотношении со степенью разрежения воздуха под поршнем и с диаметром поршня.

Над усовершенствованием пороховой машины очень добросовестно трудился французский врач и ученый Денис Папин. Он родился во французском городе Блуа в 1645 году. Его биография только подтверждает часто наблюдаемый в жизни факт, что выдающиеся и даже гениальные люди терпят гонения и нужду. Религиозные преследования заставили его уехать из Франции; сначала он попал в Англию, где поселился в Лондоне, оттуда он переехал затем в Италию и, наконец, попал в Германию, где стал профессором математики. Большинство сделанных им изобретений, в том числе и изобретение паровой машины, по времени совпадают с пребыванием его на чужбине. Работая над усовершенствованием вышеописанной пороховой машины, он стал пробовать заменять пороховые газы паром. И эта счастливая идея Папина, обогатившая человечество новым источником энергии, была практически осуществлена им в 1707 году. Паровая машина Папина представляет крайне несовершенное устройство. При нагревании воды в цилиндре, образующийся пар поднимает поршень, в то же время вытесняя весь находящийся под поршнем воздух через небольшое отверстие в поршне. Для получения безвоздушного пространства под поршнем оставалось лишь закрыть отверстие в поршне и охладить пар. Тогда наружный воздух заставлял поршень опускаться вниз и при этом совершал определенную работу, выражавшуюся в подъеме груза. Папин обнаружил свое изобретение в 1690 году, при чем он прекрасно понимал, какое значение оно должно приобрести в будущем. При тогдашнем же

состоянии техники невозможно было воплотить эту идею Папина в такую форму, которая давала бы более или менее значительную механическую работу. Папин много трудился над усовершенствованием своей машины, при чем преследовавшие его неудачи не убили в нем энергии. Он выпустил сочинение под заглавием „Способ поднятия воды на высоту с помощью нагревания“, в которой мы находим описание первой паровой машины с высоким давлением. Преследовавшие Папина всю жизнь неудачи свели его в могилу в 1714 году. Умер он, не оцененный современниками и лишенный счастья видеть свою гениальную идею осуществленной.

Только спустя много лет Франция признала своего гениального сына и поставила ему памятник.

Дальнейшее развитие атмосферной машины подталкивалось реальными потребностями промышленной жизни и может быть прослежено в Англии, где промышленность была развита больше, чем в других государствах. Горная промышленность Англии испытывала крайнюю нужду в мощном двигателе для откачивания воды из рудников и шахт, глубина которых все возрастала. И вот вслед за Папином появляется Томас Севери, а затем кузнец Ньюкомен и стекольщик Каули. Паровой насос Севери широкого практического значения не получил, зато машина Ньюкомена и Каули, появившаяся

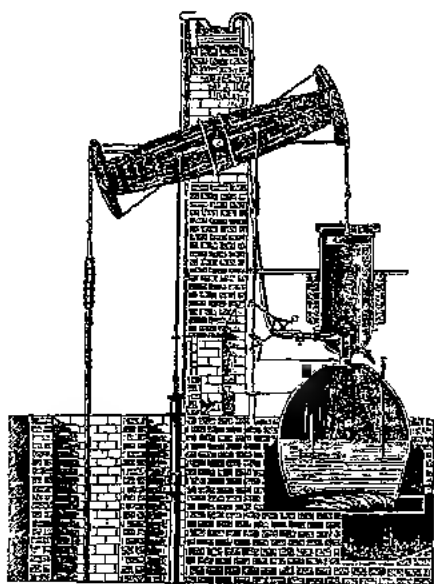


Рис. 46.

в 1712 году, оказалась в достаточной для того времени мере пригодным двигателем. На рис. 46, изображающем атмосферную машину с теми изменениями, какие были внесены в ее конструкцию английским инженером Омитоном, мы видим паровой котел и над ним медный цилиндр с поршнем, подвешенным с помощью цепи на балансирах; другой конец цепи прикреплен к стержню насоса. Машина работает следующим образом: тяжестью шеста (штока) насоса поршень в цилиндре приподымается вверх, и в это время открывается впускной кран для пара, который заполняет все пространство под поршнем; затем происходит охлаждение цилиндра, пар сгущается в воду, и в виду образовавшегося под поршнем разреженного пространства наружный воздух проталкивает поршень на дно цилиндра. Уменьшение давления

пара первоначально достигалось охлаждением цилиндра снаружи, но затем это наружное охлаждение было заменено впрыскиванием внутрь цилиндра холодной струи воды. Для этого закрывали кран, впускающий пар в цилиндр, и открывали кран в трубке, соединяющей внутренность цилиндра с резервуаром воды (см. в самом верху рис. 46). Атмосферное давление, заставлявшее поршень опускаться, тем самым поднимало вверх стержень насоса. Управление такой машиной сводилось, таким образом, к попеременному открыванию и закрыванию паропровода и трубки для впрыскивания воды в цилиндр. Сначала такое открывание и закрывание кранов производилось рабочим, но затем это стала делать автоматически сама машина, так что с 1718 года мы имеем паровую машину, работа которой уже освободилась от зависимости от человека. Такое автоматическое открывание и закрывание достигается при помощи сложной системы рычажков, приводимых в движение парораспределительным устройством, при чем движение рычагов обусловлено движениями балансира.

Таким образом, в атмосферных машинах мы находим следующие четыре основных части: 1) паровой котел, 2) цилиндр, одновременно являющийся и конденсатором, 3) бала-сир и 4) насос. В первой паровой машине Папина паровой котел и паровой цилиндр еще не были разъединены, а в паровом насосе Папина и Севери котел отделен от цилиндра, но зато последний исполнял также роль насоса.

Для того чтобы на место атмосферной машины могла стать паровая машина, надо было отделить паровой цилиндр от конденсатора, и вот это-то изобретение, совершенно изменившее характер парового двигателя, и составляет величайшую заслугу гениального Джемса Уатта.

Джемс Уатт родился 19 января 1736 года в Гриноке. Еще в мастерской своего отца, плотника и строителя лодок, он приобрел навык в обращении с инструментами. Двадцатилетним юношей он получил место механика при Глазговском университете, и когда ему однажды была заказана учебная модель атмосферной машины, он чрезвычайно заинтересовался этой машиной и стал ревностно изучать свойства пара. В это время им целиком овладела идея о „паровой машине“, которую, однако, было чрезвычайно трудно практически выполнить. Постигавшие его довольно долгое время неудачи объяснялись, конечно, не какими-нибудь теоретическими ошибками идеи, а исключительно тем, что в его распоряжении не было, да и не могло быть инструментов, необходимых для изготовления такой машины; к тому же, у него был всего один помощник — старый жестяник. Основательное знакомство со свойствами пара, приобретенное Джемсом Уаттом в живом общении с учеными профессорами, убедило его в том, что неэкономичность атмосферной машины вытекает из двойственной функции парового цилиндра, который, как таковой, должен иметь возможно большую температуру, а, как конденсатор, должен быть по возмож-

ности охлажден. И двум этим исключаящим друг друга условиям паровой цилиндр должен удовлетворять во время каждого хода поршня. Единственно возможный выход из положения заключался в отделении цилиндра от холодильника, и на это-то именно Уатт и взял патент в 1769 году.

Так как для культурного развития человечества изобретение Уатта имело колоссальное значение, то мы приводим здесь содержание этого чрезвычайно интересного патента. Свое изобретение Уатт называет „новым способом уменьшения потребления пара и горючего огненными машинами“ и указывает в пояснении к патенту, что этот новый способ зиждется на следующих принципах (приводим дословно):

„Во-первых, сосуд, в котором сила пара находит себе применение для работы машины и который в обычных огненных машинах называется паровым цилиндром, а я называю паровой коробкой, должен во все время работы машины быть столь же горячим, как и пар в момент поступления в цилиндр. С этой целью окружают паровую коробку кожухом из дерева или другого плохо проводящего теплоту материала; можно также поддерживать его температуру при помощи пара или других нагретых тел; необходимо также следить за тем, чтобы ни вода, ни какое-либо другое тело с температурой ниже температуры пара не попали в паровую коробку и не приходили с ней в соприкосновение.

„Во-вторых, в машинах, целиком или отчасти работающих с конденсацией пара, последний должен быть проведен в особые сосуды, отделенные от паровых цилиндров, с коими сообщение поддерживается лишь время от времени. Эти сосуды я называю конденсаторами; во время работы машины их надо охлаждать с помощью воды или других холодных тел до температуры окружающего машину воздуха.

„В-третьих, если воздух или какие-нибудь другие не сгущившиеся в конденсаторе пары нарушают работу машины, то их нужно удалить из паровой коробки или конденсатора с помощью насосов, приводимых в движение самой машиной или как-нибудь иначе.

„В-четвертых, я намерен воспользоваться силой расширения пара для того, чтобы двигать поршень подобно тому, как мы теперь для этого пользуемся в обыкновенных огненных машинах давлением атмосферы. В тех случаях, когда нет избытка холодной воды, машины могут быть приводимы в движение одной силой пара, при чем после того, как пар выполнил свою работу, его выпускают на воздух.

„В-пятых, там, где желательно получить круговое движение, я придаю паровым коробкам форму полых колец или кругообразных каналов с отдельным впуском и выпуском пара и располагаю их на горизонтальных осях подобно колесам водяных мельниц...”

В шестом пункте Уатт говорит о том, что машины могут работать попеременно то расширением, то сжатием пара. Наконец,

Уатт говорит о том, что с целью сделать поршень непроницаемым для воздуха он пользуется не водой, а маслами, смолистыми веществами, животным жиром, ртутью и другими материалами в жидком состоянии.

Такова была идея, над осуществлением которой немало потрудился Уатт. Изготовленные им машины потребляли значительно меньше угля, чем прежние огненные машины, и потому вытеснили последние всюду, где каменный уголь обходился дорого.

В первых машинах Уатта паровой цилиндр сверху закрыт, а стержни от поршня и от насоса прикреплены цепями к балансиру, как и в огненных машинах. Рядом с паровым цилиндром находится конденсатор и воздушный насос для удаления конденсата и воздуха, попадающего в пространство для сгущения пара. Парораспределительный аппарат состоит из трех клапанов, которые попеременно открываются и закрываются с помощью грузов и рычагов. Когда поршень находится вверху цилиндра, то верхний и нижний клапаны открыты, а средний закрыт, так что пар давит на поршень, а пар, находящийся под поршнем, уходит в конденсатор и там сгущается. Таким образом, на поршень давит не атмосферный воздух, а такой же силы пар. Когда поршень опустился на дно цилиндра, то верхний и нижний клапаны закрываются, а средний открывается, позволяя пару над поршнем свободно перетекать в пространство под поршнем,—следовательно, давление на обе стороны поршня будет одинаковым, и стержень насоса своей тяжестью поднимает поршень кверху.

Машина Уатта, нашедшая себе первоначально применение в горном деле, не могла, конечно, ограничиться этой отраслью промышленности. Ее миссия в том и заключалась, чтобы стать универсальным двигателем, завоевывающим себе всю промышленность. И вот, когда превосходство паровой машины Уатта над простой атмосферной машиной было установлено и доказано, то и из других отраслей промышленности посыпались обращения к Уатту с просьбой приспособить паровую машину для их нужд. Вначале Уатт, понимавший, какие трудности предстоит преодолеть для такого приспособления, старался уклониться от этого, но он, с другой стороны, понимал, что он не должен остановиться на полдороге. И вот, побуждаемый своим компаньоном Бультоном, он приступает к решению этой трудной и сложной задачи. А задача в сущности сводилась к тому, чтобы из прямолинейного движения поршня вверх и вниз получить вращательное движение вала. С этой целью он применил кривошип, а для придания работе машины максимальной равномерности он устроил маховик. Дальнейшие усовершенствования, сделанные Уаттом в конструкции паровой машины, еще более расширили область ее применения и дали возможность пользоваться ею для выполнения всевозможных работ.

Самым важным изобретением Уатта надо признать переход от машины простого действия к паровой машине двойного действия,

в которой пар действует попеременно то на одну, то на другую сторону поршня. Таким образом, если раньше машина совершала работу при движении поршня в одну сторону, то теперь с изобретением паровой машины двойного действия работа совершается и при движении поршня вверх и при движении его вниз. Существенным изобретением Уатта является также так называемый „параллелограмм“ и уравниватель хода машины, или регулятор. Что же касается замены клапанного парораспределения золотниковым, то это усовершенствование было сделано не самим Уаттом, а под его руководством одним инженером машиностроительного завода Бультона и Уатта в Сого близ Бирмингама. Когда в 1800 году окончилось действие патента, и когда, следовательно, паровая машина стала общим достоянием, Уатт удалился от дел и остаток дней своих проводил в своем загородном доме. Ему выпало счастье своими глазами видеть результаты своих многолетних настойчивых трудов и триумф паровой машины. Великие люди редко доживают до такой счастливой старости. Умер он в 1819 г., 83-х лет от роду. Англичане воздвигли ему в своем Пантеоне, Вестминстерском аббатстве, мраморную статую, на которой выправлено следующее:

„Джеймс Уатт, который силу своего творческого, ранее приученного к научным исследованиям ума обратил на усовершенствование паровой машины и тем расширил вспомогательные средства своей родины, увеличил силу человека, а себя поставил на выдающееся место среди знаменитейших людей науки и истинных благодетелей мира“.

Обратимся теперь к тем изменениям, которые были внесены в конструкцию паровых машин с того момента, как истек срок патента Уатта. К этому времени машиностроение уже сделало крупные успехи, выразившиеся между прочим в замене деревянных частей машины железными.

Нам, людям XX века, как-то не верится даже, что в паровой машине когда-либо могли быть деревянные части, а между тем это факт. Ведь только в 1800 году деревянный балансир был впервые заменен железным. Вообще, чтобы дать читателю представление о технических затруднениях, которые приходилось преодолеть Уатту, напомним про сохранившееся письмо Уатта, в котором он с чувством удовлетворения сообщает своему другу, что на его заводе в Бирмингаме был недавно выточен цилиндр для паровой машины настолько точно, что профиль его отличался от правильного круга не больше чем на $\frac{3}{8}$ дюйма.

Развитие паровых машин совершалось главным образом в направлении увеличения давления пара. Сам Уатт в своих машинах пользовался незначительными давлениями пара, превышавшими атмосферное давление лишь на $\frac{1}{2}$ —1 атмосферу. При таком малом давлении нельзя было, конечно, целиком использовать силу расширения пара. И вот еще в 1781 году Горнбловер пытался

построить машину с двумя неодинаковой величины цилиндрами, при чем из меньшего цилиндра пар поступал не в конденсатор, а в большой цилиндр, где и продолжал свою работу только благодаря расширению. Идея Горнбловера была прекрасно воплощена в двухцилиндровой машине Вульфа, построенной им в 1804 году (рис. 47). Свежий пар высокого давления сперва работает в меньшем цилиндре *С* и затем переходит в больший цилиндр *Д*, где и работает дальнейшим расширением. Эта машина двойного действия с расширением еще имела балансиры, но вскоре стали строить машины без балансира. Конечно, для фабрично-заводской промышленности пригодны преимущественно безбалансиры машины, в которых поршень посредством шатуна и кривошипа непосредственно вращает вал с маховиком. Эта форма паровой машины получила широкое распространение с момента появления горизонтальных машин. Первоначально избегали строить горизонтальные машины из опасения стирания стенки цилиндра тяжелым поршнем, но потом убедились в неосновательности таких опасений.

Горячим сторонником паровой машины с высоким давлением пара был в Англии талантливый изобретатель Тревитик, а в Америке знаменитый в то время инженер Оливер Эванс начал строить машины, работающие давлением пара в 8 атмосфер.

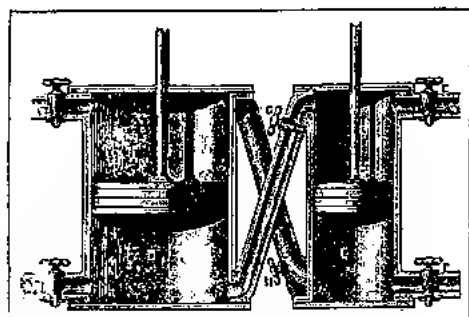


Рис. 47.

Переход к машинам высокого давления диктовался насущными потребностями развивающейся промышленности, нуждавшейся в двигателях значительной мощности.

В настоящее время, предъявляющее к двигателям требование возможно большей мощности, давление пара поднимают до 50 атмосфер и выше.

Паровая машина не ограничилась ролью движущей машины на фабриках и заводах, она проникла также и в другие области человеческой деятельности, где пользуются энергией. В форме локомотива она завоевала обширную область транспорта, при чем в локомотивах к паровой машине предъявляются особые требования. И если в прежних заводских машинах довольствовались еще 25—50 оборотами в минуту, то локомотивы должны были передвигаться по рельсам уже со скоростью во много сотен оборотов в минуту.

В популярных очерках, рассчитанных на широкого технически не подготовленного читателя, мы не можем подробно разбирать все те усовершенствования, какие сделаны в конструкции паровых

машин и их отдельных частей (золотника, конденсатора и проч.). Целый ряд талантливых инженеров XIX века работал над усовершенствованием гениального творения Джемса Уатта, а именно — Корлис, Зульцер, Гирн, Штумпф и др. Благодаря их трудам, направленным к лучшему использованию энергии пара и к получению возможно более мощных паровых двигателей, паровая машина в настоящее время почти достигла возможной степени законченности и совершенства. Насколько мы шагнули вперед по сравнению с XVIII и XIX вв., мы можем видеть из следующих данных, относящихся к степени использования химической энергии горючих веществ. С помощью старых огненных машин при благоприятных условиях производства из 1 килограмма каменного угля можно было извлечь 15 000 килограммометров работы; атмосферная машина Смитона при том же количестве угля давала 30—40 тысяч килограммометров, паровая машина Уатта — от 60 до 90 тысяч килограммометров. Паровые машины новейших конструкций на каждый килограмм угля дают уже от 300 000 до 500 000 килограммометров, так что современная паровая машина при затрате одинакового количества угля развивает в пять раз большую работу, чем машина Уатта. Эти цифры относятся к работе паровых насосов, но и в применении к другим типам паровых машин мы найдем примерно те же отношения.

Что касается мощности паровых машин, то и здесь мы можем констатировать безостановочный рост. Первые заводские машины устраивались на небольшое число лошадиных сил, и только со второй половины прошлого века мощность паровых машин начинает быстро возрастать. В 1876 году Корлис демонстрировал на выставке в Филадельфии свою машину, развивавшую 2500 лошадиных сил. Машина Корлиса, отличавшаяся громадными размерами (высота ее равнялась 13,5 метрам) и весом (607 тонн), вызвала всеобщее удивление, но уже вскоре в Америке появились паровые машины с мощностью до 8000 лошадиных сил, к тому же имевшие значительно меньшие размеры. А в настоящее время мы имеем паровые машины, развивающие от 20 000 до 30 000 лошадиных сил.

И вот мы видим, что паровая машина в XIX веке завоевывает все области промышленной деятельности настолько прочно, что и самый этот век получает название „века пара“. И, действительно, казалось, что паровая машина останется единственным двигателем промышленности и что конкуренция с ней почти невозможна. Но такой конкурент нашелся, и им оказалась паровая турбина.

Если мы начнем углубляться в историю паровых турбин, то, пожалуй, исторически первым предшественником паровой турбины мы должны будем признать вращающийся шар Герона Александрийского. Вращающийся шар Герона является прообразом так называемой реактивной турбины, а в паровом колесе, устроен-

ном в 1629 году Джiovани Бранка (рис. 48), мы имеем первую активную турбину. Все попытки практически использовать для промышленных целей идею, заложенную в колесе Бранка, оказывались несостоятельными в силу целого ряда причин. Во-первых, расход пара в колесе Бранка чрезвычайно велик по сравнению с развиваемой им работой, во-вторых, для устройства паровых турбин требуется материал отменного качества и большая точность исполнения, в-третьих, надо было хорошо изучить динамические свойства, трение, изнашиваемость частей и проч., и, наконец, ведь только в наше время, предъявляющее все большие и большие требования к двигателям, явилась потребность в замене паровой машины паровой турбиной. Последняя могла появиться лишь в наше время, потому что раньше не было столь мощно развитой электротехники, которая одна и предъявляет спрос на машины, обладающие быстрым ходом.

Отличие паровых машин от паровых турбин сводится к различию в способах использования силы пара. В паровой машине пар действует непосредственно своим давлением на поршень цилиндра, а в паровой турбине пар действует на вращающиеся турбинные колеса скоростью истечения.

Главное затруднение, которое приходилось преодолевать конструкторам паровых турбин, заключалось в том, чтобы суметь практически использовать чрезмерно большую скорость истечения

пара, которая превышает тысячу метров в секунду при обычном в этих случаях давлении пара в 12 — 15 атмосфер.

Ведь паровые турбины предназначены для приведения в движение различных машин, например, динамомашин, насосов и т. п., для работы коих требуется не больше 3 — 4 тысяч оборотов в минуту, а при указанной скорости истечения пара колесо турбины может давать до 30 000 оборотов в минуту. Для уменьшения столь большого числа оборотов вала рабочих машин можно было бы, конечно, прибегнуть к устройству различного рода передач, но, во-первых, это не совсем безопасно, а во-вторых, невыгодно, ибо при этом неизбежно часть полезной работы турбины должна будет зря растрачиваться на преодоление сопротивления различных частей передачи. К тому же, не надо забывать, что при очень большом числе оборотов развиваются столь большие центробежные силы, что материал, из которого сделаны вращающиеся части, не выдерживает такого напряжения и разлетается в куски, что ведет к ужасным катастрофам. Так иногда разлетаются



Рис. 48.

якоря динамомашин, барабаны центрофуг, маховые колеса паровых машин и т. д.

И вот английский инженер Парсонс находит способ уменьшения скорости истечения пара: с этой целью он устраивает не одно колесо, а целый ряд колес, из коих направляющие неподвижно закреплены в одном общем кожухе, а чередующиеся с ними рабочие колеса насажены на один длинный вращающийся вал. Пар последовательно проходит через все колеса и в каждом колесе отдает только часть своей первоначальной упругости, так что давление пара по мере прохождения его через турбину постепенно падает. Такие турбины носят название „турбин со ступенями давления“.

Первая паровая турбина Парсонса, построенная им в 1884 году, развивала 10 лошадиных сил при 18 000 оборотов в минуту; турбина эта вращала динамомашину, а теперь она в разобранном виде стоит в одном из лондонских музеев. Через несколько лет Парсонс уже устроил турбину мощностью в 200 лошадиных сил при 4000 оборотов в минуту. Упорным трудом, невзирая на насмешки окружающих, Парсонс создал двигатель, поставивший его на выдающееся место в истории техники. Его турбина в настоящее время является весьма распространенным типом паровой турбины.

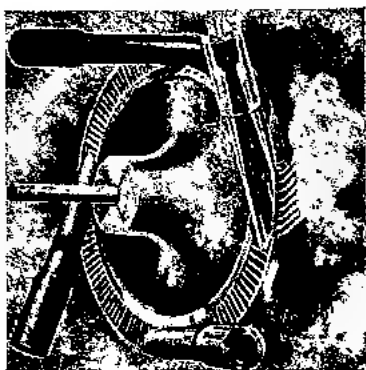


Рис. 49.

Одновременно с Парсонсом над созданием практически пригодной формы паровой турбины работал в Швеции де-Лаваль; устроенная им в 1883 году паровая турбина представляла собой простое реактивное колесо. Современные же паровые турбины де-Лавалья (рис. 49) являются однодисковыми активными парциальными турбинами с особыми коническими соплами. Пар вступает в сопла под высоким давлением и с малой скоростью, а выходит из сопла с малым давлением, но с большой скоростью; затем пар вступает на лопатки, протекает по ним и выходит с противоположной стороны. Де-Лаваль впервые ознакомил мир со своей турбиной на всемирной выставке в Чикаго. Эта была пятисильная турбина, делавшая в минуту до 30 000 оборотов; для практических целей такое большое число оборотов, конечно, не годится, а потому была устроена зубчатая передача, уменьшавшая число оборотов вала турбины в 10 раз.

Существует много других турбинных конструкций, из которых надо упомянуть про турбины Кертиса, Вестингауза, Целли и др.

В настоящее время встречаются установки в 85 000 лошадиных сил. Паровые турбины начинают заменять паровые машины и на кораблях.

Приведем несколько цифр, наглядно рисующих достижения в области строительства паровых турбин. В 1855 году все паровые машины в Пруссии совершали вместе работу, равную 62 000 лошадиных сил, а в настоящее время на одном корабле „Император“, отнятом у немцев по Версальскому договору, работает паровая турбина, развивающая 70 000 лошадиных сил.

Преимущества паровых турбин по сравнению с паровыми машинами заключаются в том, что первые занимают меньше места и, главное, обладают большим коэффициентом полезного действия. Для вращения динамомашии в большинстве случаев теперь пользуются не паровыми машинами, а паровыми турбинами, если требуется получить мощность, превышающую 500 киловатт. Наибольшее значение паровая турбина приобрела в Америке, где дело электрификации подвинулось значительно дальше, чем где бы то ни было. В Западной Виргинии есть установка из 6 турбогенераторов, т.-е. турбин, соединенных с динамомашинами, общей мощностью в 275 000 лошадиных сил. В Америке теперь подумывают даже об устройстве паровых турбин мощностью до 150 000 лошадиных сил с одним валом. Такие турбины предполагают установить на крупных электрических станциях.

В последнее время устраиваются паровые турбины и на локомотивах, где раньше применялись исключительно паровые машины, при чем новейшие турбинные локомотивы Юнгстрема дают вдвое больший коэффициент полезного действия, чем самые лучшие поршневые локомотивы.

Паровая турбина в новейшее время вытесняет паровую машину и в воздуходушных установках металлургических заводов. На южноафриканских рудниках Всеобщей Компанией Электричества установлен так называемый турбокомпрессор производительностью в 600 куб. метров в минуту при 8 атмосферах давления. Помимо турбокомпрессоров существуют также турбовоздуходувки, турбонасосы и проч. — словом, паровая турбина постепенно завоевывает себе все сферы промышленности, вытесняя другие виды двигателей.

VI.

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.

Еще знаменитый физик Гюйгенс, ассистентом которого был изобретатель паровой машины Папин, пытался использовать взрывчатую силу пороха для устройства водоподъемной машины. Гюйгенс устроил длинный цилиндр с движущимся вверх и вниз поршнем; на дно цилиндра насыпалось небольшое количество пороха, взрывавшегося

с помощью медленно горящего фитиля. Пороховые газы с силой поднимали поршень вверх и выходили из цилиндра через два отверстия с кожаными клапанами, увлекая с собой и часть находившегося под поршнем воздуха. Так как под поршнем получалось разреженное пространство, то наружный воздух снова проталкивал поршень вниз. Таким образом, в основном мы имеем здесь идею атмосферной газовой машины. Папин демонстрировал такую газовую машину Неккеру, министру Людовика XIV, в 1674 году. Машина работала довольно сносно, но не была одобрена в виду опасного характера ее обслуживания. Над усовершенствованием этой взрывной машины работали Папин и целый ряд других лиц, но мы не можем отметить каких-либо практических результатов. Вскоре появилась паровая машина, оказавшаяся вполне пригодной для промышленности, и все эти опыты с газовой машиной были оставлены. В 1791 году англичанин Джон Барбер снова занялся созданием газовой машины, но при этом он исходил совершенно из другого принципа, а именно он направлял струю смешанного с воздухом горящего газа на колесо с лопатками.

Первая поршневая газовая машина предложена была в 1794 году англичанином Робертом Стритом; в этой машине применялось дегтярное масло или скипидар. Француз Филипп Лебон работал над ее дальнейшим усовершенствованием, но и он не сумел создать практически пригодную машину. И вот в 1823 году Самуэль Броун возвращается к первоначальной идее Гюйгенса и создает машину, в которой поднятие поршня вызывается взрывом газовой смеси, а опускание поршня вниз обуславливается давлением атмосферного воздуха. В 1833 году усовершенствовал эту машину Райт, устроивший вокруг цилиндра водяную рубашку охлаждения. В следующем году Вильям Бернет взял патент на газовую машину, при чем в этом патенте упоминается о том, что в качестве горючего материала для этой машины можно также пользоваться легко испаряющимися жидкими углеводородами. Таким образом, уже 90 лет тому назад Бернет указал на возможность устройства бензиновых двигателей.

Но до создания практически пригодного поршневого газового двигателя было еще довольно далеко. И только 24 января 1860 года француз Ленуар взял патент на новый газовый двигатель своей конструкции, и с этого именно года и начинается действительное развитие газовых двигателей. Ленуар был рабочим одной бронзовой фабрики, и этот рабочий, не имевший диплома инженера, своим наделавшим много шума изобретением открыл новую эру в истории газовых двигателей.

С 1861 года над созданием газового двигателя работал также один кельнский купец, Отто. Целых шесть лет он конструировал свой двигатель, при чем вначале получались довольно плачевные результаты, объясняющиеся тем, что в машине получались слишком сильные взрывы, расшатывавшие устойчивость частей. Вскоре

он стал работать с инженером Лангеном, но тут возникло новое препятствие — недостаток средств для продолжения опытов. Нашелся, однако, один богатый коммерсант, помогший им довести свои опыты до благополучного конца, и вот на парижской всемирной выставке 1867 года появляется небольшой газовый двигатель в $1\frac{1}{2}$ лошадиной силы совершенно новой конструкции. Сначала на этот двигатель не обратили никакого внимания, при чем в минус ему ставили его сравнительно большие размеры и сильный неприятный шум во время работы. Но когда газовым счетчиком было установлено, что машина Отто потребляет на одну лошадиную силу лишь 0,82 кубического метра газа в час (неслыханно низкая для того времени цифра), то все должны были признать ее превосходство над всеми прежними конструкциями газовых двигателей. За свою машину Отто и Ланген получили золотую медаль, и в 1869 году они образовали акционерное общество. За первые десять лет ими выпущено было в обращение 5000 таких двигателей.

Отто и Ланген продолжали работать над усовершенствованием конструкции своих первых двигателей, в настоящее время имеющих лишь исторический интерес, и над устранением главного их недостатка — работы толчками. И это стремление к получению равномерной, свободной от толчков работы двигателя привело их к созданию нового двигателя, ставшего потом образцом для всех позднейших конструкций. В 1876 году фирмой Отто и Ланген взят был новый патент, и промышленная жизнь с этого момента обогатилась прекрасным двигателем, могущим успешно конкурировать с паровыми двигателями. Если в 1871 году на их заводе работало 53 человека, то уже в 1889 году число рабочих возросло до 700, при чем к 1897 году Отто было построено свыше 42 000 двигателей на 170 000 лошадиных сил.

Этим мы пока заканчиваем историческую часть о двигателях внутреннего сгорания. Обратимся теперь к рассмотрению работы двигателей этого рода. Двигателями внутреннего сгорания называются такие двигатели, в которых горючее вещество вводится непосредственно в рабочий цилиндр двигателя и там сгорает в присутствии определенного количества воздуха. Сгорание происходит настолько быстро, что с полным правом его можно считать взрывом, силою которого приводится в движение поршень цилиндра.

Так как при таком устройстве устраняется необходимость в котлах, трубах и проч., то и степень использования горючего материала здесь должна быть выше, чем в паровых машинах, где теплота, заключающаяся в горючем материале, идет на образование пара, который уже затем, толкая поршень, и совершает определенную механическую работу. В паровой машине, как мы видели, лишь одна шестая часть образующейся теплоты превращается в механическую работу, а в двигателях внутреннего сго-

рания в полезную работу может быть превращено до одной трети того тепла, которое заключается в топливе.

Рассмотрим сначала действие газового двигателя Ленуара (рис. 50). Расположением частей и конструкцией он напоминает паровую машину. Мы видим здесь цилиндр с поршнем, движение которого посредством поршневого штока и шатуна передается кривошипу главного вала с маховиком. Два эксцентрика, заклиненные на валу, приводят в движение впускной и выпускной золотники. Когда поршень движется влево, первый золотник открывает впускное окно, через которое цилиндр наполняется смесью светильного газа и воздуха; когда поршень достигнет середины своего хода, впускное окно закрывается, и доступ газа и воздуха в цилиндр прекращается. Горючая смесь, находящаяся справа от поршня, действием электрической искры взрывается, при чем благодаря взрыву давление поднимается до 3 — 4 атмосфер, и поршень

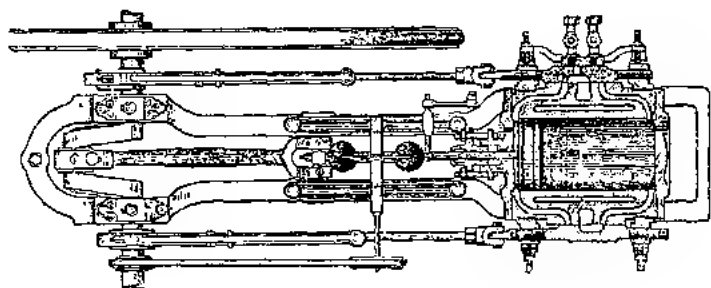


Рис. 50.

продолжает двигаться влево. При обратном движении поршня второй золотник открывает выпускной канал, через который и выталкиваются продукты горения газовой смеси. Таким образом, мы имеем здесь два хода, или, как их называют, такта поршня — влево и обратно вправо, почему двигатель Ленуара должен быть отнесен к так называемым двухтактным двигателям. Часовой расход газа в двигателе Ленуара равен 3 куб. м на 1 эффективную силу.

Для понимания работы двигателя Отто, обратимся к схематическому изображению газового двигателя этого типа (рис. 51). В цилиндре *C* движется поршень *K*. Действие образовавшихся при взрыве газовой смеси газов на поршень передается с помощью шатуна *S* коренному валу *W*. Газ и воздух засасываются в цилиндр по трубкам *g* и *l* через клапан *v*. При движении поршня *K* вправо цилиндр наполняется смесью светильного газа и воздуха, затем клапан *v* закрывается, и поршень начинает двигаться влево, сильно сжимая находящуюся в цилиндре смесь. В момент максимального сжатия газовая смесь при помощи особого приспособления λ взрывается, отчего давление повышается до 10 атмосфер, и расширяю-

щимися горячими газами поршень толкается вправо, совершая так называемый „рабочий ход“. При обратном движении поршня влево открывается выпускной клапан u , и сгоревшие газы выпускаются наружу через трубку A . Так как при сгорании газовой смеси стенки цилиндра нагреваются очень сильно, то цилиндр окружают особым кожухом, или так называемой водяной рубашкой, в которой циркулирует холодная вода, входящая через отверстие z , при чем нагретая вода выходит через t .

Таким образом, мы видим, что двигатель по этой схеме работает в четыре такта, а именно:

в течение 1-го такта происходит всасывание смеси газа и воздуха;

в течение 2-го такта газовая смесь сжимается и зажигается;

в течение 3-го рабочего такта горячие газы расширяются и совершают механическую работу;

в течение 4-го такта происходит выпуск продуктов горения газовой смеси.

После четвертого такта работа двигателя продолжается в том

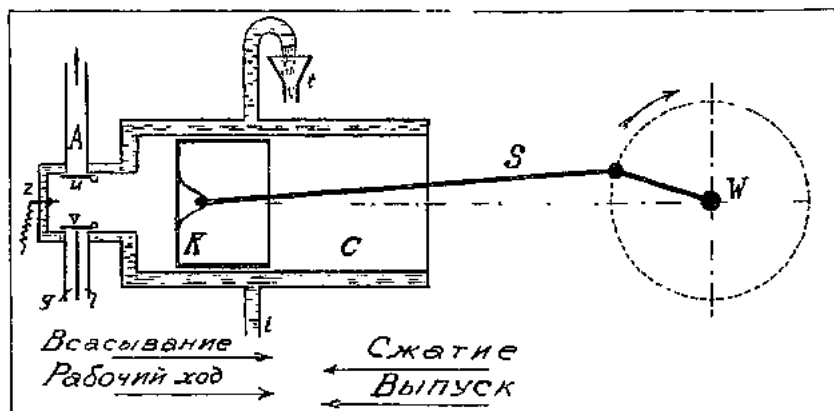


Рис 51.

же порядке. Таким образом, в четырехтактных двигателях на четыре хода поршня или такта приходится лишь один рабочий ход, в течение же трех остальных ходов никакой работы не производится, и двигатель работает лишь как насос, по инерции вращающегося маховика, надетого на вал двигателя.

Большинство двигателей внутреннего сгорания работает в 4 такта, двухтактные двигатели встречаются, главным образом, на судах. В двухтактном двигателе весь рабочий процесс разыгрывается в течение двух ходов поршня и происходит в современных двигателях следующим образом: зажженная смесь толкает поршень, во вторую половину рабочего хода поршня в стенке цилиндра открываются прорезы, через которые удаляются продукты горения. В то же время

воздушным и газовым насосами вкачивается в цилиндр воздух и газ, образующие взрывчатую газовую смесь. По окончании рабочего хода поршня или 1-го такта начинается сжатие поршнем газовой смеси, затем ее воспламенение, и процесс начинается снова в таком же порядке.

Прежде чем перейти к рассмотрению двигателей высокого давления, изобретенных германским инженером Дизелем и, по имени изобретателя, для краткости называемых просто дизелями, рассмотрим, какие горючие материалы применяются в современных двигателях внутреннего сгорания. Из газообразных горючих применяются: 1) светильный газ, получающийся при перегонке тощего каменного угля в ретортах; из 100 кг угля получается 30 куб. м светильного газа с теплотворной способностью в 5000 калорий; 2) газ коксовых печей после очищения его от паров серы и дегтя; 3) генераторный газ, и 4) доменный газ. В качестве жидкого топлива в двигателях внутреннего сгорания применяются: 1) нефть (теплотворная способность около 11 000 калорий), — она подается насосом, работающим от двигателя, и впрыскивается в цилиндр, в сжатый воздух; пары нефти вместе с воздухом образуют горючую смесь; 2) бензин, обладающий теплотворной способностью в 10 500—11 500 калорий; 3) керосин; 4) бензол — продукт перегонки каменного угля, теплотворная его способность равна 9550 калориям; 5) спирт, — распространению его мешает дороговизна и плохая испаряемость; 6) карбюрированный спирт — смесь спирта с бензолом. Применяются также газовое масло, дегтярное масло, а из твердых веществ парафин и нафталин.

Чаще всего встречаются двигатели, работающие жидким топливом, при чем в последнее время колоссальное распространение получили нефтяные двигатели Дизеля. Это — четырехтактный двигатель, по принципу работы отличающийся от рассмотренного нами двигателя Отто. В двигателе Дизеля во время 1-го такта происходит засасывание в цилиндр одного лишь чистого воздуха, который в течение 2-го такта сильно сжимается (до 32 атмосфер давления). При таком сильном сжатии воздух нагревается до 600—700° Цельсия; нефть впрыскивается в этот раскаленный воздух и в нем постепенно сгорает. На рис. 52 мы даем схему двигателя Дизеля. Когда поршень во время 1-го хода поршня идет вниз, в цилиндр всасывается воздух через клапан (2) и трубу с вырезами (3). При втором обратном ходе поршня воздух сжимается до 32 и даже до 35 атмосфер, и в момент максимума сжатия воздуха игла форсунки (4) открывает нефти доступ в цилиндр, куда она подается из резервуара (1) насосом (5) под давлением воздуха в 45—50 и больше атмосфер; нефть в цилиндре распыляется в виде мелкой пыли, которая в атмосфере горячего воздуха медленно сгорает, образуя газы, которые в течение 3-го такта производят давление на поршень. В течение 4-го такта, когда поршень снова движется вверх, продукты горения выталкиваются через выхлопной клапан (20). Для нагнетания нефти в цилиндр

и ее распыливания требуется дополнительный подвод воздуха. Для получения такого давления, иногда в 60 атмосфер, служит воздушный насос, вернее двухступенчатый компрессор (6), работающий от двигателя и приводимый в движение с помощью тяги (7), рычага (8) и шатуна (9).

Двигатели Дизеля оказались наилучшим типом двигателя внутреннего сгорания, при чем это превосходство его над другими двигателями обуславливается тем, что он работает с очень высоким давлением. В обыкновенном двигателе Отто такое сильное сжатие невозможно уже потому, что в нем произошло бы воспламенение газозвушной смеси под влиянием высокой температуры, получающейся при таком сильном сжатии. Собственно говоря, двигатель Дизеля мог бы работать со всеми видами горючих веществ, но на практике применяют только жидкое топливо, главным образом нефть. Казалось бы, что при еще большем сжатии воздуха в цилиндре можно было бы увеличить коэффициент полезного действия двигателя, но оказывается, что при дальнейшем повышении сжатия могут пострадать движущиеся части мотора и, к тому же, поршень начинает пропускать.

Двигатель Дизеля обладает тем преимуществом перед другими двигателями, что его коэффициент полезного действия не меняется в зависимости от размеров и что по сравнению с обычными газовыми двигателями он занимает гораздо меньше места. И эти малые размеры делают двигатель Дизеля чрезвычайно удобным для мелкой промышленности. Обычно, как мы сказали, дизеля строятся четырехтактными, но на судах-теплоходах часто устанавливаются двухтактные дизеля. Мощность отдельных двигателей достигает 2000 лошадиных сил и больше.

По сравнению с паровой машиной двигатель Дизеля обладает громадными преимуществами, сулящими ему блестящее будущее. Нет котла, не надо разводить паров, двигатель во всякую минуту готов начать свою работу, а главное, он лучше использует топливо, дает вдвое больший коэффициент полезного действия (до 35%) и занимает сравнительно очень мало места. Последнее обстоятельство имеет чрезвычайно большое значение для кораблей.

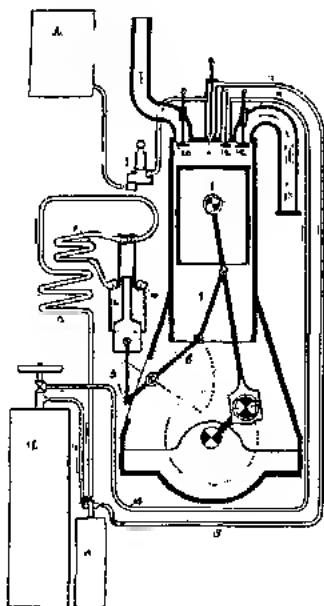


Рис. 52.

Что касается судовых дизелей, то в последнее время на ряду с двигателями системы Дизеля появился целый ряд разновидностей — двигатели высокого сжатия системы Сабате, Юнкерса и др. Эти двигатели также называются дизелями. Особенный интерес представляют новейшие двигатели высокого сжатия системы Юнкерса. В этих двигателях имеются два поршня, движущиеся в противоположные стороны, при чем один из этих поршней управляет воздушными каналами, а другой выпускными каналами, так что клапаны становятся излишними. Двигатели внутреннего сгорания встречаются, главным образом, на судах торгового флота, а что касается военного флота, то только подводные лодки снабжены такими двигателями, да еще во время войны в Англии построено несколько мониторов с двигателями Дизеля.

В самое последнее время англичане обсуждают проект установки двигателей Юнкерса на дредноуте. На каждый из четырех винтов дредноута, по проекту, должен действовать восьмицилиндровый двигатель мощностью в 25 000 лошадиных сил, что дает общую для всего дредноута мощность в 100 000 лошадиных сил, мощность же каждого из 32-х цилиндров составит 3125 лошадиных сил. Коэффициент полезного действия двигателя Юнкерса значительно выше, чем в двигателях обычного типа.

В двигателе „Стилл“, изобретенном Оклендом, мы можем видеть, каким путем удается повысить коэффициент использования тепла. Как известно, цилиндр двигателя омывается снаружи водой, уносящей до 40% теплоты, содержащейся в топливе. Эту теплую воду доводят в двигателе Стилл до кипения и проводят в особый трубчатый котел, куда также направляются отработавшие газы, имеющие температуру 480° Цельсия. Газы эти отдают свою теплоту воде парового котла, при чем давление пара в котле достигает 8 атмосфер. Особенностью двигателя является то, что под таким давлением пар поступает под другую сторону поршня двигателя, работая там как в паровой машине. Следовательно, мы здесь имеем соединение в одном цилиндре двигателя внутреннего сгорания с паровой машиной: на одну сторону поршня давит газ, на другую — пар.

Как мы уже говорили, топливом для двигателей внутреннего сгорания могут служить доменные газы. В прежнее время доменные газы свободно уходили в воздух, бесцельно унося с собой огромные количества теплоты. В XIX веке их стали улавливать, отводя по трубам в топки паровых котлов, но такой способ использования доменных газов оказался нерациональным, потому что расход газа на лошадиную силу-час при этом чрезмерно велик. И вот в самом конце XIX века возникает мысль о возможности сжигания доменного газа непосредственно в цилиндре двигателя внутреннего сгорания. В 1900 году в Париже на выставке появляется первый газовый двигатель, мощностью в 650 лошадиных сил. Успех этого двигателя был колоссален, и целый ряд

заводов принялся за изготовление таких двигателей. Постройкой таких двигателей прославился завод Коккерилля, разработавший между прочим 4-цилиндровый двигатель двоянного типа мощностью в 8000 лошадиных сил. Когда немцы заняли Бельгию, то они нашли этот двигатель на заводе Коккерилля недостроенным; они его достроили и увезли к себе в Германию, где этот величайший в мире газовый двигатель был ими установлен на одном заводе, но после заключения Версальского мира они вынуждены были вернуть его на завод Коккерилля. Спрос на такие мощные газовые двигатели исходит, главным образом, от металлургических заводов, где они применяются для приведения в движение воздуховодов, прокатных станков и проч.

Двигатели, работающие так называемым генераторным газом, также находят себе применение в различных областях промышленности. Генераторный газ получается при пропускании смеси водяного пара с воздухом через слой раскаленного угля и содержит до 30% горючей окиси углерода. С устройством газогенераторов мы ознакомились в главе о горючих веществах, а потому здесь укажем лишь на то, что газогенераторы для газовых двигателей в последнее время устраивают настолько компактными и удобными, что их даже пытаются применить в качестве автомобильных двигателей, для чего одна английская фирма строит специальные газогенераторы небольших размеров.

Колоссальным развитием автомобильного дела мы обязаны преимущественно все более и более совершенствовавшимся двигателям внутреннего сгорания. Автомобильные двигатели характеризуются тем, что они работают на легком топливе (бензине, бензоле, отчасти керосине), позволяющем значительно уменьшать вес и размеры двигателей, а это, конечно, чрезвычайно важно для таких подвижных установок, как автомобиль, аэроплан, трактор и проч. Двигатели автомобильного типа находят себе применение и в сельском хозяйстве. На последней сельскохозяйственной выставке в Праге в 1921 году было выставлено много тракторов и моторных плугов с двигателями чисто автомобильного типа, при чем при испытании одного такого тракторного плуга оказалось, что четырехцилиндровый двигатель мощностью в 40 лошадиных сил работал 10 часов, израсходовав $4\frac{1}{2}$ пуда бензина и вспахав около 3-х десятин на глубину $6\frac{1}{2}$ вершков.

В заключение несколько слов об авиационных двигателях. Человек покорил воздушную стихию лишь тогда, когда развитие двигателей внутреннего сгорания достигло значительной высоты. Без двигателя внутреннего сгорания не было бы и авиации. Авиационные двигатели отличаются от автомобильных, главным образом, своей мощностью. Если обычная предельная мощность автомобильного двигателя в настоящее время равна 100 лошадиным силам, то для авиационных двигателей надо считать среднюю мощность в 280-300 лошадиных сил. До войны эта средняя мощность была зна-

чительно ниже, а именно 100 — 150 лошадиных сил. Война потребовала создания аппаратов с очень сильными двигателями. К концу мировой войны в Америке был построен знаменитый двигатель „Либерти“, 12 цилиндровый двигатель мощностью в 400 лошадиных сил.

История этого двигателя интересна и прекрасно характеризует дух американской промышленности. Инженеры, которым поручили составить проект мощного двигателя, изготовили подробнейшие чертежи в 4 недели, при чем в это время уже были заказаны специальные инструменты и станки, необходимые для создания первого такого двигателя. Отдельные части двигателя изготовлялись на двенадцати различных заводах Америки. Сборка частей в виду точного исполнения не представляла никаких затруднений.

Первый двигатель „Либерти“ был готов через 3 месяца после того, как на заседании инженеров было принято решение создать таковой, и при испытании дал блестящие результаты. На аппарате с 4-мя такими двигателями капитан Рид первым перелетел через Атлантический океан. К 1920 году на американских заводах было изготовлено 20 000 таких двигателей, при чем широко применялся принцип стандартизации, позволяющий легко и быстро в любой обстановке заменять пришедшие в негодность части точно такими же новыми.¹

VII.

ТЕХНИКА СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ.

Уже в глубокой древности люди знали о существовании электромагнитных явлений. Так, у китайцев, задолго до нашей эры, мы находим своеобразный компас в форме маленькой магнитной статуэтки с вытянутой вперед рукой, всегда указывающей юг. Древние греки были знакомы с электрическими свойствами янтаря. Но в течение двух тысячелетий люди не пытались изучать эти явления и использовать их для своих практических нужд, если не считать введения европейцами компаса (в XII веке нашей эры). В XVIII веке появляется громоотвод, а в первой половине XIX века — телеграф и гальванопластика. В 1821 году датский профессор Эрстед доказал, что протекающий по проводнику гальванический ток оказывает влияние на расположенную вблизи последнего магнитную стрелку. Это наблюдение Эрстеда толкнуло гениального физика-самоучку Фарадея на открытие источника тока произволь-

¹ За последнее время делаются мощные установки бензиновых двигателей на летательных аппаратах; например, на одном американском аэроплане — бомбовозе — установлено шесть двигателей по 400 сил, т.е. всего 2400 сил; на последнем германском цеппелине, перелетевшем из Германии в Америку, работало 5 двигателей по 400 сил, т.е. 2000 сил, наконец, на строящемся в Англии дирижабле предполагают поставить семь двигателей по 600 сил, т.е. 4200 сил.

ной силы. Фарадей задался целью „обратить магнетизм в электричество“, как он записывает в своей памятной книжке. Его знаменитый опыт (рис. 53) весьма прост (как, впрочем, и все великое, что созревало в гениальных головах) и заключается в движении магнита внутри обмотки, при чем в ней возникает электрический ток, обнаруживаемый гальванометром. Это открытие электрической индукции сделано Фарадеем в 1831 году и дало колоссальный толчок развитию новой области техники, названной впоследствии Вернером Сименсом „электротехникой“.

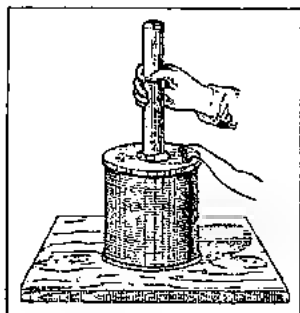


Рис. 53.

Фарадей, таким образом, доказал, что путем передвижения магнита относительно замкнутых проводников можно получить электрический ток. В 1832 г. появляется первая магнито-электрическая машина Пиксии, усовершенствованная в следующем году Кларком. Электромагнитная машина Кларка (рис. 54) состоит из подковообразного индукционного магнита *A* и якоря или armатуры, снабженной двумя катушками *B* и *B'*. Ременной передачей от ручного колеса якорь приводится в быстрое вращательное движение, при чем в момент прохода катушек мимо полюсов магнита

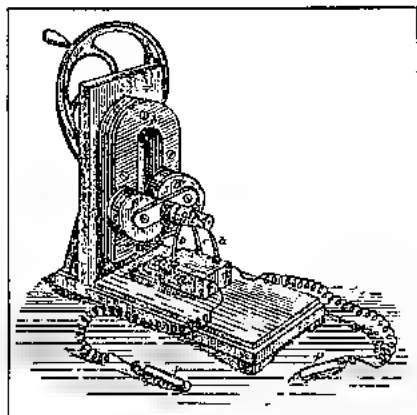


Рис. 54.

в них индуктируется ток, направление которого меняется и зависит от того, мимо какого полюса, северного или южного, проходит катушка. Каждый пол-оборота ток меняет свое направление в катушке. Для придания току прямого направления Кларк придумал остроумное приспособление коммутатор. Последний представляет собой цилиндр из изолирующего материала (дерева или эбонита), насаженный на вал якоря. На этом цилиндре укреплены два металлических сектора, расположенные друг против друга и разделенные изо-

лирующими промежутками. По каждому из этих металлических секторов или сегментов скользит пружинящая латунная полоска, называемая щеткой (щетками эти обозначены на рис. буквами *a*, *b* и *c*). Щетки эти прикреплены к изолирующей пластинке *m* и с помощью проволок соединяются с зажимами внешней цепи *pp*.

Машина Кларка имела много недостатков, — токи были неравномерной силы, происходило нагревание магнитов и проч. После Кларка неоднократно делались попытки устройства больших таких машин, приводимых в движение даже паровыми машинами, но практических результатов такие попытки не могли, конечно, дать. Но вот 17 января 1867 года Вернер Сименс докладывает берлинской академии наук об открытом им новом динамоэлектрическом принципе, или, как был озаглавлен доклад, „о превращении механической энергии в электрический ток без применения постоянных магнитов“. Само заглавие доклада указывает нам и самый принцип динамо, по которому ток можно получить без посредства тяжелых и нагревающихся магнитов, а необходимый магнетизм возбуждается самим током — иначе говоря, при помощи электромагнитов.

Собственно говоря, электромагниты были известны и до Вернера Сименса. Придумал их еще в 1821 году французский физик

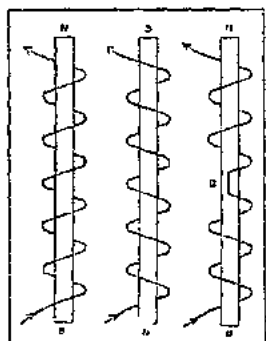


Рис. 55.

Араго. Как видно из рис. 55, электромагнит представляет собой мягкий железный стержень *NS*, вокруг которого обмотана спиральная проволока. При прохождении по проволоке тока в упомянутом стержне, носящем название сердечника, возбуждается магнетизм, почти исчезающий немедленно по прекращении тока.¹ Но в прежних машинах до Сименса, пользовавшихся такими электромагнитами, надо было иметь для приведения их в движение особую батарею гальванических элементов, сила которых с течением времени ослабевала.

Заслуга Сименса в том и заключается, что он дал нам возможность обойтись без гальванической батареи. Идея Сименса заключалась в том, что нужно использовать магнитные свойства, заключающиеся в каждом куске мягкого железа. Если вращать между полюсами такого слабого магнита какой-нибудь замкнутый проводник тока, то в этом проводнике возбуждается слабый ток; если этот слабый ток отвести в обмотку электромагнита, то в сердечнике с каждым оборотом якоря магнита должна увеличиваться магнитная сила, а с возрастанием последней должен усиливаться и электрический ток до тех пор, пока не будет достигнут максимум этого взаимного усиливающего влияния

¹ Если ток идет по проволоке, обмотанной вокруг стержня в направлении, указанном на левой части рисунка, то вверху стержня возбуждается северный полюс (*N*), а внизу южный (*S*). В случае обмотки в направлении противоположном, получается обратное расположение полюсов. Если направление обмотки по середине сердечника меняется, то полюсы располагаются как указано в правой части рисунка.

На собрании естествоиспытателей в Баден-Бадене Сименс имел полное основание заявить: „Теперь технике дан способ дешевого и удобного получения электрических токов неограниченной мощности всюду, где имеется двигательная сила. Не надо обладать слишком развитой фантазией, чтобы нарисовать будущее, когда человек с помощью электрического тока использует живую силу, которую несут на землю в неизмеримых количествах солнечные лучи и которая накоплена предусмотрительной природой в виде каменноугольных залежей“.

Почти одновременно с установлением Вернером Сименсом динамо-электрического принципа появилась машина Грамма, построенная им в 1869 году. Схема машины Грамма представлена на рис. 56. Между полюсами *N* и *S* электромагнита помещено железное кольцо (кольцевая арматура); отдельные секции обмотки кольца соединены прямыми проводниками с таким же числом секций коллектора.¹ Каждая пара таких диаметрально расположенных секций коллектора, становясь вертикально, подходит под щетки. Из верхней щетки ток направляется в обмотку правой половины электромагнита, а затем в обмотку левой половины электромагнита. Если такое кольцо быстро вращать вокруг его оси, то в проволоке каждой половины кольцевой обмотки получается ток одинакового направления, а в противоположных половинах кольца ток имеет обратные направления.

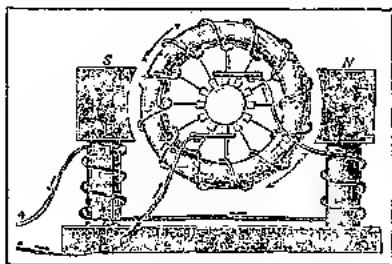


Рис. 56.

В начале 70-х годов прошлого века были уже налицо все условия для интенсивного развития электротехники, а с 1879 года мы являемся свидетелями колоссального ускорения темпа этого развития.

В настоящее время динамомашин Грамма, конечно, устарела. То же приходится сказать и о первой машине Сименса-Гейфнера, где мы имеем два электромагнита, между которыми вращается якорь. Эта машина представляет простейший тип динамомашин. Достаточно повернуть сильно якорь, и мы получаем электрический ток, собирающийся в коллекторе и снимаемый щетками. Динамомашин подразделяются на машины постоянного тока и на машины переменного тока. Ток, получаемый машинами первого рода, всегда имеет одно и то же направление, а в машинах второго рода направление тока периодически меняется. Хотя и раньше пользовались всегда переменными токами (например, еще в 1876 г.

¹ Коллектор — тот же коммутатор, но с большим числом секций, соответственно большему числу секций обмотки.

переменный ток применялся Яблочковым, который питал этим током свои свечи), но все же преобладали динамомашинны постоянного тока, а динамомашинны переменного тока долго не находили себе применения. К ним вернулись лишь тогда, когда оказалось, что переменный ток имеет значительные преимущества перед постоянным током как в области освещения, так и в деле передачи электрической энергии на расстояние.

Мы уже раньше говорили о том, что передавать на далекое расстояние можно лишь ток, имеющий чрезвычайно высокое напряжение, которое не может быть получено в динамомашинах постоянного тока, так как постоянный ток трудно трансформировать. Напротив, переменный ток в трансформаторах приобретает высокое напряжение, позволяющее посылать электрическую энергию на весьма далекие расстояния.

Обыкновенно в технике пользуются переменным током в 50 периодов, т. е. таким током, направление которого меняется 100 раз в секунду. На рис. 57 изображена кривая переменного тока. В *a* сила тока равна нулю, далее сила тока постепенно возрастает, в *b* достигает максимума, затем понижается, в *c* сила тока равна нулю, затем ток принимает противоположное направление, достигает

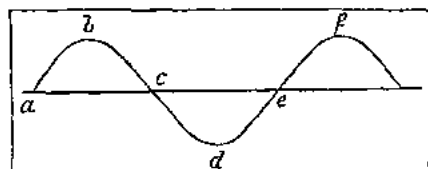


Рис. 57.

максимума в *d*, в *e* снова понижается до нуля, здесь снова меняет направление, в *f* достигает максимума и т. д. При комбинации нескольких переменных токов, меняющих свое направление в разное время, получается так называемый многофазный ток.

Машины постоянного тока обычно носят название „динамо“, машины же переменного или многофазного тока называются „альтернаторами“. Если вращение машины производится с помощью турбины, насаженной на общий с машиной вал, то в результате такого соединения двух различных, но работающих в теснейшем контакте машин мы имеем так называемую „турбодинамо“.

В новейшее время строятся машины переменного трехфазного тока большой мощности. Например, до войны насчитывалось всего два или три гигантских альтернатора, мощностью в 25 тысяч лошадиных сил каждый. Но в Германии уже во время войны, несмотря, следовательно, на очень тяжелые условия, в которых тогда находилась страна, Всеобщей Компанией Электричества в Берлине был построен турбоальтернатор на 75 000 лошадиных сил. Эта машина работает на одной из рейнских электрических станций и дает такой силы ток, что его хватило бы на освещение целой провинции и для работы в ней фабрик и заводов. Динамо весит 225 000 кг, ее вращающаяся внутренняя часть весит 49 000 кг при длине в 9 м и диаметре в 2,2 м. И вся эта тяжелая стальная масса вра-

щается со скоростью полутора тысяч оборотов в минуту. Получающийся ток имеет напряжение в 7000 вольт. Паровая турбина, вращающая эту гигантскую машину, имеет 10 колес, диаметром от 3,4 до 3,8 м, что соответствует окружной скорости в 180 — 220 м в секунду. Сама турбина весит 250 т.

От динамомаши и альтернаторов перейдем к электрическим двигателям или электромоторам. Динамомашины служат для получения электрической энергии, электромоторы же превращают полученную энергию в механическую работу. По своему устройству электромоторы ничем почти не отличаются от динамомаши. Возьмем, например, динамомашину Сименса, в ней якорь вращается между двумя электромагнитами, при чем возникающий при этом ток усиливает в них магнетизм; последний в свою очередь усиливает возбужденный в якоре индукционный ток. Теперь сделаем такой опыт: не будем вращать якоря, а наоборот — введем в магнит и якорь ток извне, и якорь начнет вращаться. Итак, каждой динамомашиной мы можем пользоваться как электромотором, если вместо того, чтобы вращать якорь, мы введем извне ток в якорь и магнит. Таким образом в электромоторе происходит превращение электрической энергии в движение, динамомашина же превращает движение в электрическую энергию.

В обоих случаях сама машина не меняется, разница же заключается в том, что для работы динамомашины требуется еще другая машина, которая вращала бы якорь, а при электромоторе нам надо иметь лишь какой-нибудь источник, из которого мы могли бы брать нужную для работы электромотора электрическую энергию.

При отсутствии различий в конструкции все же есть различие в смысле величины, а именно — от электромотора обычно требуют меньших размеров. Да это и понятно: ведь не может же электромотор трамвайного вагона иметь очень большие размеры, и вес его не должен быть очень большим, иначе много энергии затрачивалось бы на его собственное передвижение. Кроме того, электромотор разнится от динамомашины также и скоростью вращения якоря.

Подобно динамомашинам, и электродвигатели бывают постоянного, переменного, однофазного и многофазного тока. Мы не можем, конечно, входить здесь в подробное рассмотрение обширной области применения электромоторов, но в виду той огромной роли, которую уже теперь играет электромотор в промышленности, сельском хозяйстве и домашней жизни, мы все же несколько остановимся на формах его применения.

Есть маленькие электромоторы в $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ лошадиной силы. Применяют их для вращения вентиляторов, швейных машин, небольших токарных станков и т. п. Есть и очень мощные электромоторы, приводящие в движение фабричные машины, завод-

ские станки, краны и проч. На больших фабриках, рудниках, в портах, на вокзалах и т. п. из одной общей силовой станции ток переносится к отдельным рабочим машинам, которые обслуживаются отдельными электромоторами. При этом отпадает необходимость во всякого рода передачах, трансмиссиях и т. п., так как каждая машина, каждый токарный или сверлильный станок, каждый пресс приводится в движение особым электромотором. Электромотор дал возможность машинам проникнуть и в такие области производства, куда машина раньше проникнуть не могла. А ведь не надо забывать, что переворот, который произвел электромотор в хозяйственной жизни человека, далеко еще не закончен и что в ближайшем будущем электрификация моторами, во многих областях начавшаяся лишь недавно, охватит, вероятно, все стороны жизни. Посмотрим, что делает электромотор в домашнем хозяйстве, индустрии, ремесле и сельском хозяйстве.

Электромотор поднимает лифты в наших зданиях, проветривает и чистит комнаты (электрический вентилятор, электрический пылесос, электрический полотер), чистит картофель, сбивает масло, изготавливает лед и мороженое, мелет кофе, размельчает мясо, ополаскивает бутылки, стирает белье, вертит швейную машину и т. д. Как видим, электромотор значительно облегчает работу домашних хозяек. Нет ни одного ремесла, в котором с выгодой не мог бы применяться электромотор. Так, например, в пекарнях он приводит в движение аппараты для просеивания муки, тестомесильные, тесторазрезальные машины и проч., вплоть до складывания уже готовых товаров.

В сельском хозяйстве электромотор приводит в движение жатвенную машину, молотилку и электрический плуг; применяется он и при мытье свеклы, сортировке картофеля, пилке дров, резке солом, стрижке овец, доении коров и т. п.

На рудниках, шахтах, доменных заводах электромотор обслуживает краны, ворота, аппараты для размельчения руды, подземные локомотивы, вентиляторы для проветривания шахт и насосы для откачивания воды. Доказано, между прочим, что электромоторы безопасны в пожарном отношении, и поэтому они находят себе все увеличивающееся применение в горном деле.

На прокатных заводах ставят чрезвычайно мощные электромоторы силою до 20 000 лошадиных сил. Текстильная промышленность по характеру своих машин и станков прекрасно поддается электрификации. В бумажном производстве электромотор приводит в движение как большие машины для приготовления бумаги, так и все вспомогательные машины. В графической индустрии он заставляет работать печатные машины, начиная от маленьких прессов и кончая большими ротационными машинами для печатания газет.

Сказанного довольно для понимания того, что область применения электрических двигателей почти безгранична, и что с каждым

годом она будет все расширяться. Вспомним, что в настоящее время протяжение электрических железных дорог магистрального типа еще очень сравнительно невелико, и тогда нам ясно станет, какая блестящая будущность предстоит электромотору.

В американских „небоскребах“ лифты поднимают на 40 слишком этажей, при чем работают столь исправно, что в верхних этажах таких гигантов устраиваются даже конюшни для лошадей.

Мы говорили уже о том, что подъемные краны, порой гигантских размеров, приводятся в движение электромоторами. Между прочим, на металлических заводах, обрабатывающих железо, краны снабжаются часто большими электромагнитами, которые при пропускании тока приходят в действие и притягивают железные болванки, тяжелые ящики с гвоздями и т. п. Поворотом крана эти массы железа перемещаются на место назначения и путем выключения тока отделяются от электромагнита.

В чем заключается выгода применения электромоторов? Чем электромотор превосходит все другие двигатели? А вот чем: он занимает очень мало места, его легко передвигать и переносить с одного места на другое, и он всегда готов к действию. Кроме того, он может работать с большим числом оборотов и мало нуждается в починках. Все эти обстоятельства сулят ему блестящую будущность. Ведь и теперь уже на некоторых железных дорогах при испытании электровозов достигнута скорость в 210 километров в час. Такая скорость может совершенно изменить весь характер нашего железнодорожного дела.

В одной из предыдущих глав мы уже ознакомились с так называемым „белым углем“ и с величайшими в мире гидроэлектрическими станциями близ Ниагары. Скажем теперь несколько слов о величайшей паросиловой установке в Гольпа Чогневиц близ Биттерфельда, устроенной в центре среднегерманского каменноугольного района. Бурый уголь используется в месте его добывания, благодаря чему отпадают расходы на транспортировку угля. Вместо того, чтобы транспортировать уголь, предпочитают • пересылать электрический ток. Уже в 1919 году станция эта, начатая постройкой во время войны, давала 180 000 киловатт, но немцы проектируют расширить ее. Пар добывается в 4 котельных зданиях, каждое длиною в 80 метров, над этими зданиями высятся 9 труб, высота которых достигает 100 метров. В каждом котельном здании установлено 16 паровых котлов, каждый с площадью нагрева в 500 квадратных метров; общее число котлов составляет 64. Каждый из восьми турбоальтернаторов развивает ток, мощностью в 22 500 киловатт, при чем получающийся многофазный ток имеет напряжение в 6600 вольт. Ток этот, пройдя трансформатор, приобретает напряжение в 110 000 вольт и по алюминиевым проводам передается в Берлин, отстоящий на 132 километра. Провода подвешены на железных мачтах, высотой в 25 метров.

Скажем теперь несколько слов о трансформаторах и аккумуляторах, имеющих большое значение для электротехники вообще и техники сильных токов в особенности.

Трансформаторы служат для превращения токов малой силы, но высокого напряжения в ток большой силы, но малого напряжения, и наоборот. Возможность такого превращения базируется на открытом Фарадеем в 1831 году законе электромагнитной индукции. Фарадей доказал, что если по замкнутой проволоке течет электрический ток и вблизи нее держать другую замкнутую проволоку, то и в этой последней возникает ток всякий раз при замыкании и размыкании тока в первой проволоке. Теперь нам понятно, почему только переменный ток поддается трансформированию. Постоянный ток течет без перерывов, переменный же ток то возникает, то исчезает, что равносильно замыканию и размыканию. Выбирая ту или другую длину обеих проволок, а также варьируя их толщину, мы в состоянии произвольно трансформировать ток, меняя его силу и напряжение. Но как бы мы ни трансформировали ток, мощность его, являющаяся произведением силы тока на его напряжение, остается неизменной. Таким образом, в трансформаторе мы имеем первичную обмотку, по которой течет первоначальный ток, и вторичную обмотку, в которой получается наведенный, индуктированный ток.

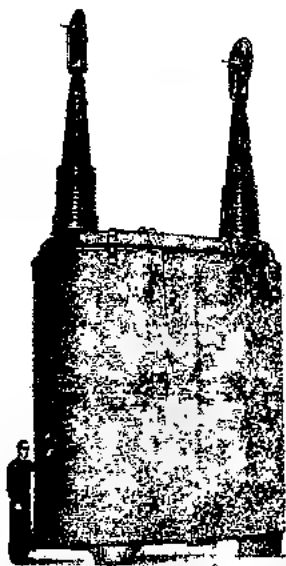


Рис. 58.

Чем меньше витков в первичной обмотке, чем они толще и чем больше число витков вторичной обмотки, тем больше напряжение трансформированного или вторичного тока.

Во многих трансформаторах вторичная проволока имеет длину во много километров, и этим достигается очень высокое напряжение индуктированного тока. Ток высокого напряжения в свою очередь может быть трансформирован в ток малого напряжения, для чего ток пускается в прежнюю вторичную обмотку, а индуктированный ток выходит из прежней первичной обмотки. Всюду, где происходит передача электрического тока на расстояние, ток должен дважды трансформироваться: в первом трансформаторе ток малого напряжения трансформируется в ток высокого напряжения, и этот ток посылается по проводам иногда на очень

далекое расстояние. Но для получения тока, годного к потреблению, или „рабочего тока“, этот ток высокого напряжения приходится, конечно, вторично трансформировать. Важно отметить, что, благодаря усовершенствованным конструкциям трансформаторов, при этом не наблюдается сколько-нибудь значительных потерь тока.

О размерах некоторых трансформаторов дает представление рис. 58, изображающий внешний вид трансформатора для напряжения в 750 000 вольт. Такие трансформаторы служат для испытания кабелей и изоляторов. На рис. 59 изображен тот же трансформатор без кожуха с маслом.

Когда по тонким проводам передается ток высокого напряжения, то эти провода подвешиваются на особых фарфоровых изоляторах. Не будь этих изоляторов, значительная часть тока не дошла бы до места назначения, а ушла бы в землю. Прежде для токов высокого напряжения применяли так называемые масляные изоляторы. Это были фарфоровые колпаки, имевшие желобок, куда наливало масло. Если на такой фарфоровый колокол падает дождь (а влага является хорошим проводником электрического тока), то, стекая в желобок, вода погружалась под масло, и последнее всегда служило изолирующим слоем. В последнее время такие изоляторы с маслом оставлены, и теперь применяют исключительно сухие изоляторы. Форма последних бывает различна, прочность же их устанавливается предварительным испытанием. Подвешиваются они на деревянных или железных мачтах, а в самое последнее время стали дерево и железо заменять стеклом. Провода бывают медные, но в виду дороговизны и тяжести в новейшее время заменяют медь алюминием.

Часто бывает необходимо накапливать электрическую энергию. С этой целью пользуются так называемыми аккумуляторами, изобретенными еще в 1850 году. Практически пригодную форму

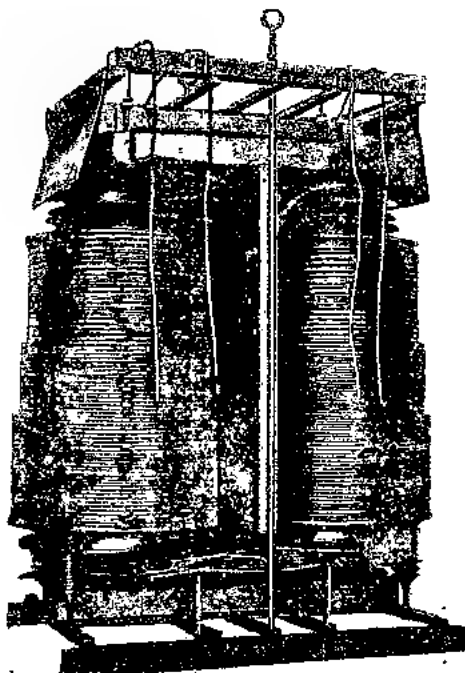


Рис. 59.

аккумуляторы получили лишь в 1859 году благодаря работе Планта. Аккумулятор — это гальванический элемент, в котором можно накапливать электрическую энергию с тем, чтобы в случае надобности эту энергию тратить. Обыкновенный, или так называемый свинцовый аккумулятор представляет собой сосуд со слабым раствором серной кислоты; в этот раствор погружаются свинцовые пластинки. Если через них пропустить электрический ток, то вся энергия этого тока затратится на совершение химических реакций, при чем пластины, соединенные с положительным полюсом, покрываются перекисью свинца, а соединенные с отрицательным полюсом покрываются металлическим свинцом. Химическая реакция в аккумуляторе заканчивается тем, что жидкость начинает „кипеть“ от массы пузырьков водорода, выделяющихся при разложении серной кислоты; это означает, что аккумулятор „заряжен“. Если теперь разобщить аккумуляторы от тока и использовать их в качестве батареи гальванических элементов, то тем самым мы можем их „разрядить“, т.е. превратить аккумуляторы в источники тока. При этом химические реакции будут совершаться уже в обратном направлении, а именно: свинец, окисляясь, даст окись свинца, а перекись свинца будет раскисляться в окись. Направление тока, идущего от аккумулятора во внешнюю цепь, как-раз противоположно направлению тока, служившего для заряжения аккумулятора. С помощью аккумулятора удастся использовать не весь зарядный ток, а лишь от 70 до 90% его.

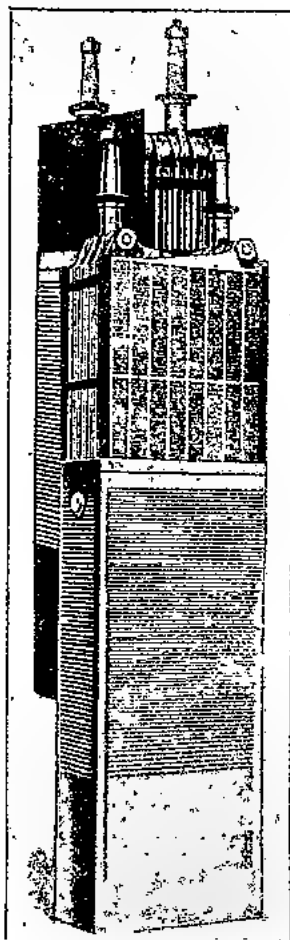


Рис. 60.

Широкому применению аккумуляторов для различных целей мешают значительный вес аккумуляторов, далее боль-

шой их объем и, наконец, выделение водорода, могущего при неосторожном обращении с огнем дать взрыв.

Если бы мы, например, захотели двигать автомобиль (точнее электромобиль) с помощью аккумуляторов, то нам пришлось бы для этого взять довольно большую батарею, т.е. нам пришлось бы возить с собой значительные количества свинца и серной кислоты, на что, конечно, надо было бы затратить часть энергии,

получаемой от аккумуляторов. Кроме того, аккумуляторы плохо переносят сотрясения, при которых частицы свинца и перекиси свинца отделяются от пластин и, падая на дно, могут дать короткое замыкание.

В последнее время большие надежды возлагаются техниками на так называемые „легкие аккумуляторы“. Известностью пользуются легкие аккумуляторы шведа Юнгнера, а также Эдисона (рис. 60), заменившего свинец тонкими пластинками из железа и соединений никкеля.

Укажем еще на одно важное в технике применение аккумуляторов. При подъемных машинах, электрических подъемных кранах и т. п., а также в осветительных установках, когда сразу включается в цепь большое число ламп, часто бывает необходимо сразу увеличить силу тока, и так как динамомшины должны по возможности работать с одинаковой нагрузкой, то параллельно им включают батарею аккумуляторов, работой которых выравниваются колебания в ходе и работе динамомшины.

В главе о ветряных двигателях мы упоминали еще про одно применение аккумуляторов. В виду того, что ветер не всегда дует с одинаковой силой и что бывают моменты полного безветрия, то электрическая энергия, в которую превращается работа ветряного двигателя, накапливается в батарее аккумуляторов с тем, чтобы в периоды безветрия током этой батареи можно было пользоваться для целей освещения.

В заключение мы должны еще раз подчеркнуть, что динамомшины, электромоторы, трансформаторы, проводка, изоляторы и аккумуляторы являются теми вспомогательными средствами, с помощью которых человек сумел целиком подчинить себе электрическую энергию, придать току любую силу и любое напряжение, передавать эту энергию на любое расстояние и тем вызвать к жизни могучий расцвет производительных сил и колоссальное усиление власти человека над силами природы

VIII.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

До сих пор мы говорили о двигателях, наиболее применяемых в технике и наиболее разработанных в конструктивном отношении. Но наше изложение было бы неполным, если бы мы не коснулись некоторых других двигателей, с помощью которых человеческая изобретательность пыталась использовать другие силы природы.

Мы здесь не будем касаться наивных и бесплодных попыток создания *perpetuum mobile* путем использования силы тяжести. Люди, носившиеся с этой неосуществимой идеей, исходили в своих проектах из предположения, что падением груза можно на ту же

высоту поднять другой равный груз. При этом они забывали, что для совершения какой-либо работы нужна предварительная затрата определенного количества энергии. Если оставить эти неосуществимые проекты создания вечного двигателя и обратиться к конструкциям которые, не претендуя на работу без затраты энергии, применяют тяжесть падающего тела, предварительно поднятого на известную высоту, то мы прежде всего должны указать на часовое производство. Техника производства часов, как мы увидим в главе о точной механике, часто пользуется силой тяжести на ряду с силой упругости пружины для приведения в движение механизма часов. Между прочим, пружинами можно приводить во вращение не только механизм часов, но и швейные машины. Были попытки создания двигателя или машины, приводимой в движение

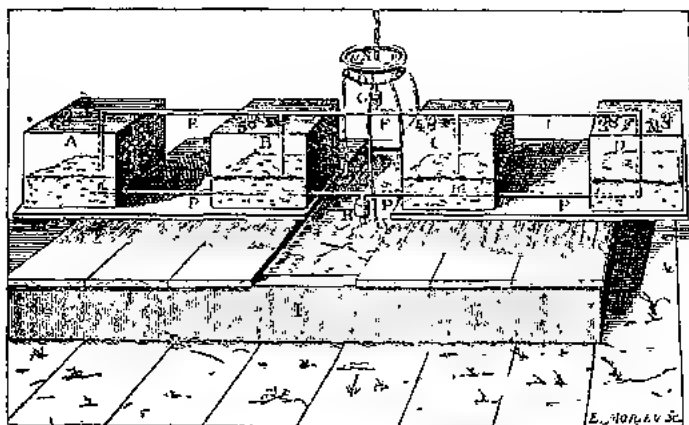


Рис. 61.

силой капиллярности, а также изменениями давления атмосферного воздуха, но в виду непрактичности таких двигателей мы останавливаться на них не будем. Ведь это скорее технические курьезы; к числу таких курьезов мы можем отнести и так называемые бактериальные машины, поршень которых приводится в движение углекислотой, выделяемой бактериями и дрожжевыми грибами. Ведь поддержание и выращивание бактерий обходится дороже той полезной работы, какую могут дать такие бактериальные машины.

От этих технических курьезов обратимся к более реальным конструкциям и в первую очередь к тем, в которых движущей силой является непосредственно лучистая энергия солнца. Идея использования лучистой энергии солнца для непосредственного получения механической работы далеко не нова. Еще 300 лет тому назад над этой идеей работал Соломон де-Ко, которому удалось создать небольшой такой солнечный двигатель. На рис. 61 мы видим резервуар I, над которым на досках помещаются 4 медных ящика,

соединенный друг с другом с помощью трубки *P*, по середине по всей длине с открывающийся вверх клапан *H*. Кроме того, ящики *A*, *B*, *C* и *D* соединены между собой трубкой *E*, от которой идут ответвления в каждый из ящиков, а по середине от нее отходит трубка *A* и клапан *G*, открывающийся вверх под давлением воды снизу. Все это устройство помещается в движение следующим образом. Через пробку *M* в правом ящике наливают воду, равномерно распределяющуюся по всем ящикам, при чем водой мы заполняем до $\frac{1}{2}$ объема ящиков. Затем ящики подвергают действию солнечных лучей, содержащийся в ящиках воздух выходит через отверстия 3, 4, 5 и 6. После этого эти отверстия герметически закрываются. Под влиянием продолжающегося нагревания солнцем, вода начинает испаряться. Давлением водяных паров вода из ящиков *A*, *B*, *C*, *D* вгоняется в трубку *E* и, пройдя клапан *G*, по трубке *N* бьет вверх в виде фонтана, ниспадающего в чашку *O* и затем в резервуар *I*. При закате солнца, когда температура понижается, происходит конденсация заключающегося в ящиках *ABCD* пара, и тогда атмосферным давлением вода из резервуара *I* снова вгоняется через клапан *H* во все ящики, и при начале восхода солнца эта игра снова повторяется.

Значительно проще устроен аппарат того же де Кэ, изображенный на рис. 62. Мы видим здесь, как солнечные лучи падают на банку *AB*, снабженную 16 зажигательными, т. е. двояковыпуклыми стеклами, преломляясь в последних, лучи солнца концентрируются на боковых поверхностях двух закрытых металлических ящиков. Находящийся в ящиках воздух, нагреваясь, расширяется и оказывает давление на поверхность воды, вставшая ее поднимает по изогнутой трубке *CD* в чашку фонтана. У де Кэ мы находим описание еще одного аппарата, отличающегося от только что описанного тем, что двояковыпуклые стекла устроены непосредственно в металлических стенках металлических ящиков.

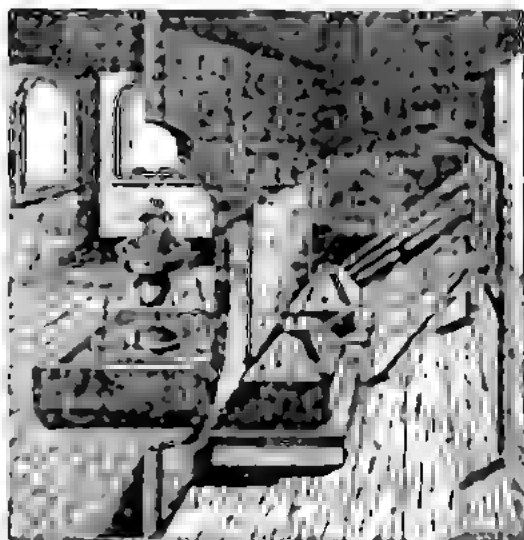


Рис. 62

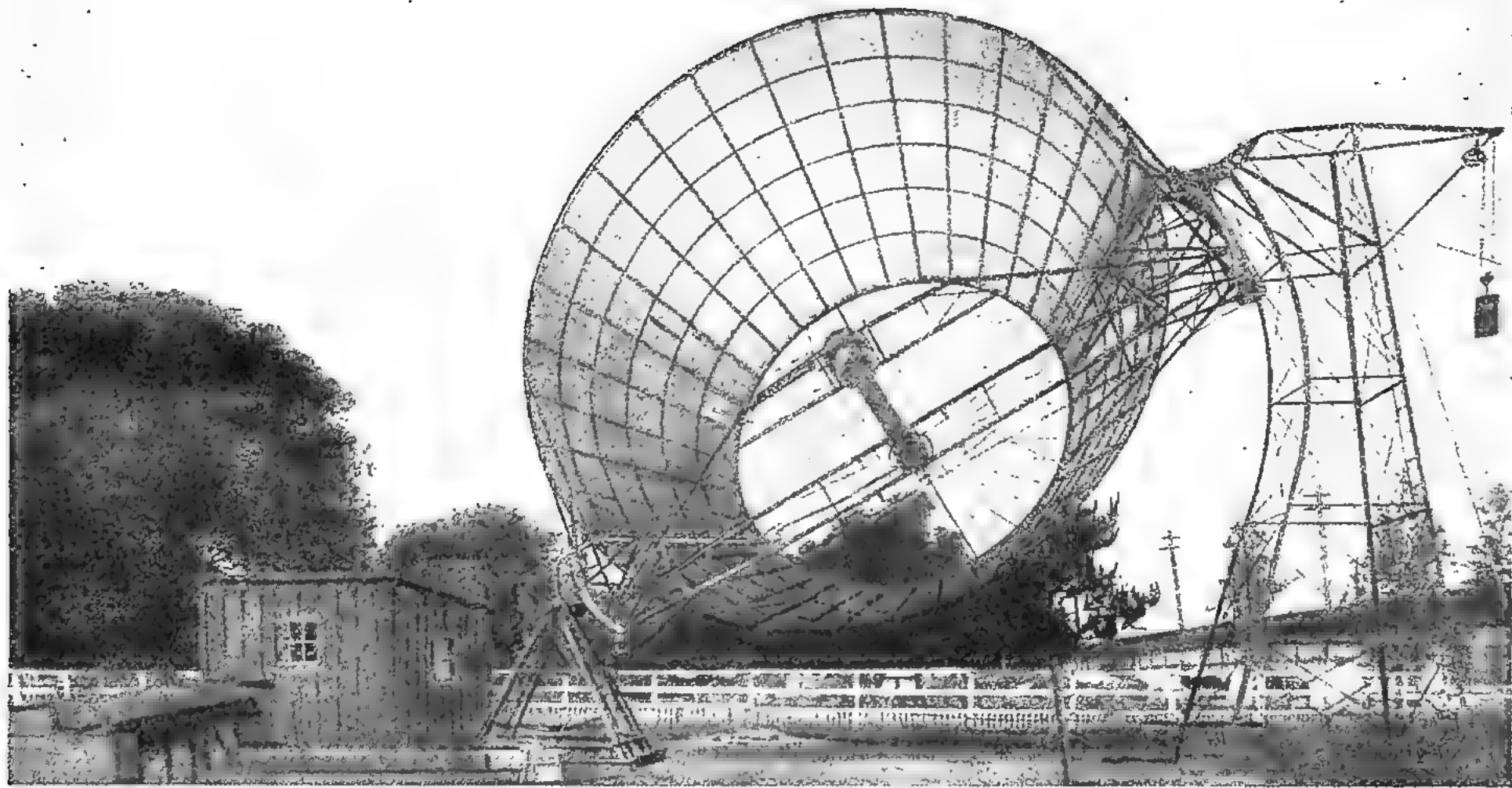


Рис. 63.

В Лос-Анжелосе в Калифорнии в настоящее время существует солнечный двигатель (рис. 63), в котором собирательные стекла заменены сложной системой зеркал, расположенных в форме большого усеченного конуса таким образом, что все 1700 маленьких зеркал отражают солнечные лучи в одном и том же направлении; отраженные от зеркал лучи падают на цилиндрический котел, имеющий в длину 4 м (на рисунке этот котел виден в отверстии внутри усеченного конуса). Образовавшийся в цилиндрическом котле пар подводится затем к рабочей машине, которая превращает солнечную теплоту в двигательную механическую работу.

Если бы человеку в ближайшие периоды времени удалось использовать лучистую энергию солнца, то человечество обрело бы столь мощный источник энергии, что по сравнению с ним мощность всех наших механических двигателей, всех людей и животных на земле, представляется ничтожно малой величиной.

Если когда-нибудь будет изобретен практичный и вместе с тем мощный солнечный двигатель, то он должен будет произвести колоссальный переворот во всей промышленной жизни. Центры индустрии будут перенесены в страны, богатые солнечным светом, ближе к тропикам, и бесплодная Сахара станет промышленным оазисом, откуда в другие страны будет по проводам (а может быть, и без помощи проводов) рассылаться лучистая энергия солнца в форме мощных электрических токов.

Говоря об оригинальных двигателях, нельзя не упомянуть про водостолбовые машины. Когда появилась атмосферная машина Ньюкомена, и когда обнаружилось, что с помощью водяного пара и атмосферного воздуха можно совершать механическую работу, то у некоторых изобретателей возникла мысль о возможности замены пара водой. И вот в начале XVIII века Денисар и Дюен устроили машину, в которой вода входила под поршень, приподнимала его своим давлением и затем выпускалась краном, расположенным внизу цилиндра, отчего поршень атмосферным давлением проталкивался вниз. В середине XVIII века Гелль, Винтершмидт и Вестарт внесли существенные изменения в устройство этих двигателей: в их водостолбовых машинах вода впускалась попеременно то по одну сторону поршня, то по другую. Коэффициент полезного действия таких машин достигал 80%. В начале XIX века значительные улучшения в конструкцию водостолбовых машин были внесены баварским инженером Рейхенбахом, устроившим грандиозный рассолопровод из Берхтесгадена в Рейхенгалль. Рассол перекачивается по трубам на протяжении $12\frac{1}{2}$ миль на высоту свыше 1000 м. Для работы своих водостолбовых машин он пользовался водой, проведенной с далекого расстояния с гор и имевшей большой напор. Насколько удачно и просто были сконструированы водостолбовые машины Рейхенбаха, видно из того, что одна из этих машин работала с 1817 года по 1904 год;

работает она при расходе рабочей воды в 32 л в секунду и при напоре в 119 м, при чем коэффициент полезного действия этой прекрасной старой машины равен 83%.

Скажем еще несколько слов о машинах, работающих нагретым воздухом. История этих машин восхо-



Рис. 64.

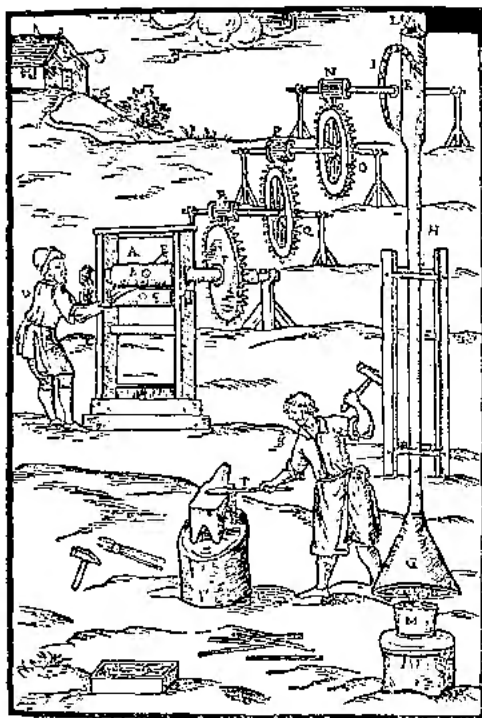


Рис. 65.

дит к третьему веку до нашей эры. Еще Филон византийский, а после него и Герон из Александрии оставили нам различные проекты машин, работа коих основана на способности воздуха расширяться при нагревании. На рис. 64 мы воспроизводим два таких аппарата. В левой части рисунка мы видим алтарь и две жреческие фигуры, поставленные на закрытый резервуар. В стенке, отделяющей алтарь от резервуара, просверлено отверстие. Внутри каждой фигурки проведена трубка, нижний конец которой опущен в жидкость, предназначенную для жертвоприношения. Когда на алтаре горит огонь, то содержащийся внутри ал-

таря воздух от нагревания расширяется и давит на жидкость, которая по трубкам поднимается к жертвенным чашам жреческих фигурок и оттуда течет в пламя жертвенника. В правой части рисунка мы видим полый алтарь, соединенный с шарообразным сосудом, наполовину наполненным водой. В этот сосуд впаяна коленчатая трубка, соединяющая его с другим сосудом. Когда на алтаре зажигают огонь, то расширяющийся от нагревания воздух начинает давить на поверхность воды, которая в силу этого по коленчатой трубке перетекает в другой сосуд, который становится тяжелее и, опускаясь книзу, тянет вниз перекинутую через блок веревку, тем самым открывая обе половины двери. Когда прекращается горение огня на алтаре, воздух внутри алтаря снова охлаждается, объем его уменьшается, вода из подвешенного сосуда снова переходит в шарообразный сосуд, последний становится легче, и в результате дверь снова закрывается.

Леонардо да Винчи предложил такой способ использования теплого воздуха для вращения вертела: внутри дымоходной трубы он предложил устроить четырехлопастное турбинное колесо; поднимающийся кверху нагретый воздух вращает эту воздушную турбинку, которая с помощью зубчатой передачи сообщает вращательное движение вертелу.

Еще дальше пошел Джiovани Бранка, изобретатель парового колеса, этого предшественника паровой турбины. Рисунок 66 воспроизводит его проект прокатного стана, приводимого в движение нагретым воздухом. От горна *M* нагретый воздух поднимается вверх по трубе *GHKL*. В этой дымоходной трубе подвешено колесо *J*, приводимое во вращение устремляющимся кверху горячим воздухом и с помощью целой системы зубчатых колес в свою очередь вращающее вальцы стана *A*.

В дальнейших выпусках мы еще будем встречаться с различными оригинальными приспособлениями для получения тепла, света и энергии, здесь же мы вынуждены ограничиться сказанным, в достаточной мере свидетельствующим о неутомимом духе человеческой изобретательности, направленной к тому, чтобы покорить силы природы и заставить их служить на пользу человека.

СОДЕРЖАНИЕ.

	Стр.
Предисловие	3
Теплота и свет, их получение и применение в технике.	
I. Горючие вещества и осветительные материалы	23
II. Получение тепла	39
III. Источники света	56
Двигательная энергия, ее получение и применение в технике.	
I. Введение	81
II. Мускульные двигатели (синий уголь)	92
III. Ветряные двигатели	97
IV. Водяные двигатели	103
V. Паровые машины	110
VI. Двигатели внутреннего сгорания	121
VII. Техника сильных электрических токов	130
VIII. Оригинальные двигатели	141
